DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang | 30. September 1927 | Heft 39

Die Körpergröße der Tiere und die sie bestimmenden Faktoren[1].

Von Wilh. Goetsch, München.

Es erscheint zunächst vielleicht selbstverständlich, regt aber doch bei genauerer Überlegung zum Nachdenken an, daß die Körpergrößen der verschiedenen Tiergruppen so außerordentlich variieren. So sind, um nur ein paar Beispiele herauszugreifen, die Rädertiere stets mikroskopisch klein, während etwa die Krebse im Verhältnis dazu schon bedeutende Größe aufweisen. Aber auch sie erreichen selbst unter den günstigsten Bedingungen niemals die Ausmaße wie manche Fische. Und trotzdem leben diese drei Tierarten alle vielleicht in ein und demselben Gewässer und nehmen ihre Entwicklung aus Eiern, die in der Größe nicht viel differieren.

Es muß also, um derartige Größenunterschiede auftreten zu lassen, bei den kleineren Formen das Wachstum früher zu Ende sein als bei den größeren, und das Problem liegt nun darin zu ergründen, *warum* dies geschieht.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß bei den großen Gruppen der Tiere, wie etwa den eingangs erwähnten Vertretern dreier Stämme, die *Organisation* eine Rolle spielt. Schon Leuckart hat darauf hingewiesen, daß ein Wirbeltier nicht unter eine gewisse Größe herabsinken kann, ohne aufzuhören ein Wirbeltier zu sein. „Die Anwesenheit eines inneren, gegliederten Skeletts setzt eine bestimmte Größe voraus. Es gehört eine gewisse Kraftleistung dazu, das Skelett zu tragen, eine noch größere, es für lokomotorische Zwecke zu verwenden. Die Kraftleistung kann nur durch eine entsprechende, passend angeordnete Muskelmasse erzielt werden, die zu ihrer Integrität an die Entwicklung der nutritiven Organe ihre bestimmten Anforderungen stellt." Dagegen wird ein äußeres Röhrenskelett, wie das der Arthropoden (Krebse z. B.), „nicht bloß mit einer geringeren Masse dieselben Leistungen erfüllen, also leichter sein können, sondern auch den zur Bewegung bestimmten Muskeln eine größere Insertionsfläche darbieten. Die Vorteile der Skelettbildung lassen sich auf diese Weise mit einer sehr geringen Körpergröße vereinigen".

Ein Krebs kann demnach viel kleiner sein als ein Fisch, und ein Wurm wiederum, der kein stützendes Skelett besitzt, vermag nie die Größe zu erreichen, die Vertreter der Krebse oder Fische zu erlangen imstande sind. Maximal- und Minimalgröße der Tierstämme sind also durch mechanische Grenzmöglichkeiten festgelegt: Mäuse von mikroskopischen Ausmaßen und Wespen so groß wie Hühner, mit denen Gullivier seine Abenteuer im Lande der Zwerge und Riesen bestand, sind eben nur in solchen Märchenprovinzen möglich, wo auch die Gesetze der Statik eine andere Bedeutung haben.

Nun wechselt aber auch innerhalb der einzelnen Baupläne die Körpergröße noch stark. Die Ursache kann auch dabei in gleicher Weise durch die Organisation bedingt sein. So sind innerhalb der Wirbeltiere die wechselwarmen Klassen kleiner als die mit konstanter Temperatur; bei Abnahme der Körper*maße* wird die *Oberfläche* im Verhältnis zur Maßeinheit größer. Je kleiner ein Warmblüter ist, desto größer ist die Wärmeabgabe, die schließlich in der Stoffwechselleistung des Tieres ihre Grenze finden muß.

Auf eine weitere Beziehung zwischen Größe und Organisation weist R. Hesse (1) in seiner kleinen Schrift „Über die Grenzen des Wachstums" hin: Auf die Beziehungen nämlich, die zwischen der *Darmoberfläche* und der Körpermasse bestehen müssen. „Die nach Maßgabe der Darmoberfläche aufgenommenen Nährstoffe dienen zunächst dazu, die Ausgaben für den Betrieb des Körpers, für Muskel- und Flimmerbewegung, für Nervenleitung, für Produktion von chemischer Energie bei der Verdauung, für die Fortschaffung der Stoffwechselprodukte u. a. zu bestreiten; was übrig bleibt, wird für die Vergrößerung des Körpers, also für Wachstum, verwendet. Vergrößert sich nun der Körper gleichmäßig nach allen Seiten, bleibt also das wachsende Tier dem jungen im allgemeinen sterometrisch ähnlich, wie das meist nahezu zutrifft, so wird nach mathematischen Gesetzmäßigkeiten bei dem größeren Tier die Darmoberfläche im Verhältnis zur Körpermasse kleiner sein als bei dem jungen; die maximale Ernährungsarbeit wird also relativ geringer. Die Ausgaben für den Betrieb nehmen zu proportional der Masse (bei wechselwarmen Tieren allgemein, bei eigenwarmen mit Ausnahme der Wärmeproduktion, die proportional der Oberfläche wächst), die Menge der aufgenommenen Nahrung aber nur proportional der Darmoberfläche; daher wird der für das Wachstum übrigbleibende Rest beim größeren Tier kleiner sein und wird bei weiterem Wachstum in ähnlichen Proportionen schließlich gleich Null werden: das Tier ist ausgewachsen; es kann mit der gegebenen Darmoberfläche nur eben die für den Betrieb (und für die Fortpflanzung, d. i. das Wachstum über das individuelle Maß hinaus) notwendigen Stoffmengen beschaffen."

Es ist nun allerdings nicht angängig, überall die Gesamtlänge resp. Oberfläche, des Darms mit

[1] Im Anschluß an die Arbeit von R. Hesse „Über die Grenzen des Wachstums", Jena: G. Fischer, 1927. 36 S. und 11 Abbild. 16 × 23 cm. Preis RM 2.—.

der Körperoberfläche in Beziehung zu setzen, da bei den fortgeschritteneren Gruppen der Verdauungstraktus entweder sich in verschieden funktionierende Zellen und Zellgruppen differenziert hat oder aber durch Ausbildung von Anfangs- und Enddarmabschnitten usw. noch weitere Arbeitsteilung eingegangen ist. Infolgedessen zieht HESSE zu seinen Ausführungen hauptsächlich die niederen Tiere heran, die noch eine überall ziemlich gleichmäßig verdauende Innenfläche besitzen, wie die Schwämme (Spongien), die Pflanzentiere (Cölenteraten) und Plattwürmer (Plathelminthen).

Schon bei oberflächlicher Betrachtung bemerkt man sofort, daß die Kalkschwämme um so größer werden, je mehr verdauende Fläche ihnen zur Verfügung steht: bei den Asconen, deren Einzelindividuen 0,5—1,5 mm, im Höchstfall 3—4 mm erreichen, sind die allein verdauenden Geiselzellen im einheitlichen Zentralraum zu finden; bei den Synconen und Leuconen bildet der Zentralraum seitliche Ausstülpungen oder viele besondere Geiselkammern, wodurch die verdauende Fläche vermehrt wird: und die Vertreter dieser entwickelteren Typen erreichen eine Längenausdehnung von 30 mm und mehr bei einer Dicke von 5—10 mm, und die nach dem gleichen Typ gebauten Kieselschwämme zeigen noch ganz andere Dimensionen.

Bei den Pflanzentieren (Cölenteraten) bieten die Polypenformen ein unter sich vergleichbares Material, weil sie als ganz oder doch meistens festsitzende Tiere ein etwa gleiches Maß von Bewegung zeigen und in der Konsistenz ihres Körpers nicht so wechselnd sind wie die Medusen, bei denen der sehr verschiedene Wassergehalt der Schirmgallerte die Vergleichung der Größen unmöglich macht. Ungleich freilich sind die stofflichen Leistungen bei Polypen. Solche Formen, die feste Skelette abscheiden, sind im allgemeinen weniger zu bedeutenderem Größenwachstum der Individuen geneigt als die skelettlosen oder die mit gallertigem Verbindungsgewebe. Wie bei den Spongien ist auch hier die einfachste Beschaffenheit der verdauenden Oberfläche die ursprünglichste. *Hydra* und die Hydroidpolypen mit ihrer glatten Darmwand sind von etwa gleicher Größenordnung. *Hydra* übertrifft die marinen Hydroidpolypen etwas an Größe; ihre Darmoberfläche ist größer, da sie sich auch in die Tentakel erstreckt, und sie hat zugleich geringere stoffliche Leistungen als jene, die für die Cuticularbildungen zur Festigung der Achse des Stöckchens Stoff verbrauchen. Aus der Größenordnung der Hydropolypen fällt nur die Familie der Tubulariiden durch bedeutendere Größe heraus. Aber gerade bei ihnen erfährt die Darmoberfläche allerhand Vergrößerungen; eine schlundartige Duplikatur des Mundrohrs, faltenartige Bildungen der Darmwand, einen septenartig durch Zwischengewebe vorgefalteten Wulst der Darmwand am Übergang zum Stiel und Längsfaltungen der Wand des Stielraums. Bei dem Riesen unter den Tubulariiden, *Branchiocerianthus*, erstreckt sich außerdem der Darm in die proximalen Tentakel, in den Wulst am Stielansatz stülpen sich zahlreiche wohlentwickelte Radiärkanäle hinein, und die Faltung des Darmepithels im Stiel ist noch intensiver. Bei den Scyphozoen und Anthozoen (Seerosen, Korallen u. a.) führt eine Oberflächenvergrößerung der Darmwand durch Ausbildung von Falten (Septen) sofort zum Überschreiten der bei den Hydropolypen allgemein verbreiteten Größenordnung, und es ist interessant, daß die Formen mit geringerer Septenzahl, wie die Antipatharien mit 6 Septen, noch verhältnismäßig klein sind. Die mittelgroßen Oktokorallen haben 8 Septen, ebenso die primitiven Aktinien (Edwardsia). Ihnen schließt sich der Größe nach die Gattung Halcampa an, bei der ebenfalls nur 8 primäre Septen zur Ausbildung gekommen sind. Halcampa ist für unsere Überlegungen dadurch wichtig, daß bei ihr zwischen den 8 vollständigen Edwardsiasepten die Anlagen weiterer Septen vorhanden sind, die bei stärkerem Auswachsen eine normale Actinie geliefert hätten; sie ist aber auf einem *Edwardsia*-ähnlichen Stadium geschlechtsreif geworden. Die Anlagen der Septen, die unentwickelt bleiben, sind also vorhanden auf Grund erblicher Vorgänge, nicht etwa durch die Erfordernisse der Körpergröße adaptiv hervorgerufen; denn sie kommen ja nur zu rudimentärer Ausbildung. Also die Septenzahl ist nicht eine Funktion der Körpergröße, sondern umgekehrt die Körpergröße eine Funktion der Septenzahl bzw. der Darmoberfläche.

Zahlreichere Septen, z. T. sehr zahlreiche, finden wir bei den übrigen Actinien, und es ist bekannt, daß diese zum Teil gewaltige Größe erreichen können. Wie bei den höchstentwickelten Schwämmen ist mit einer „neuen Methode" der Vergrößerung der verdauenden Fläche die Grundlage für einen starken Wechsel der Körpergröße gegeben.

Bei den Cölenteraten ist ebenso wie bei den Schwämmen die ungeschlechtliche Vermehrung durch Knospung und damit die Koloniegründung weitverbreitet. HESSE weist darauf hin, daß nur Arten von relativ geringerer Körpergröße koloniebildend sind. „Diese Erfahrungstatsache stellt sich im Lichte unserer Überlegungen so dar: die koloniebildenden Arten sind nicht klein, weil sie sich ungeschlechtlich vermehren und dabei gleichsam aufgespalten würden, sondern sie vermehren sich ungeschlechtlich und bilden Kolonien, weil sie klein sind. Ihre individuelle Wachstumsschranke ist bedingt durch die Größe der Darmoberfläche; ihre Wachstumstendenz aber, die Teilungsfähigkeit ihrer Zellen ist nicht erschöpft. So wachsen sie weiter ‚über das individuelle Maß hinaus', linear, unter Einhalten des gegebenen Verhältnisses zwischen Körpermasse und Darmoberfläche und vermehren sich ungeschlechtlich, vielfach unter Zusammenbleiben der Wachstumsprodukte zur Bildung von Stöcken."

Sehr schön läßt sich der Zusammenhang zwischen Körpergröße und Darmoberfläche bei den Strudelwürmern (Turbellarien) demonstrieren. Alle Arten der Rhabdocölen, die nur einen sackförmigen, glattwandigen Darm besitzen, zeichnen sich durch geringe Körpergröße aus, mit Ausnahme der Schmarotzer, die deshalb nicht mit den freibeweglichen Arten verglichen werden können, weil bei ihnen die Ernährungsbedingungen andere sind und sie außerdem infolge der eingeschränkten Ortbewegung geringere „Betriebsausgaben" benötigen. Bei den größten Formen, wie Prorhynchus putealis mit 25 mm Länge, hat der Darm wellige Ränder und Läppchen und nähert sich damit schon den Dendrocölen mit verästeltem Darm, bei denen die Größenordnung durchweg bedeutend höher liegt: dort sind die meisten Arten mindestens 5 mm lang. Bei den größeren Spezies lassen sich auch innerhalb der einzelnen Gruppen nicht nur zahlreichere Darmäste finden, sondern auch mannigfaltigere Verzweigungen, so daß die großen Arten eine vergleichsweise größere Darmoberfläche besitzen, so daß z. B. unter den Polycladen Größen von 80 × 40 mm gefunden werden (Pseudoceros).

Bei Polycladen sowohl wie bei Tricladen haben häufig die jungen Tiere schon früh einen verästelten Darm; oft schon dann, wenn sie erst die Ausmaße kleiner Rhabdocölen besitzen. Dies ist deswegen wichtig, weil daraus hervorgeht, daß die Vergrößerung der Darmoberfläche der Größenzunahme *voran*geht.

Ganz besonderes Interesse bietet die Betrachtung der Trematoden unter den hier angewandten Gesichtspunkten. Wie bei den Turbellarien steht auch hier die Maximalgröße weit hinter der zurück, die bei Cnidarien und Schwämmen erreicht wird. Ungeschlechtliche Fortpflanzung, wie sie ja bei Turbellarien vorkommt, findet sich hier nirgends. Dagegen wird für die Produktion von Eiern und Spermien eine große Stoffmenge aufgewendet, wie auch sonst bei Parasiten. Die Stufen der Darmausbildung sind ähnlich wie bei Turbellarien. Selten ist ein einfach sackförmiger Darm vorhanden; meist ist der Darm gegabelt derart, daß auf den Mund ein mit Cuticula ausgekleideter Schlund folgt, der sich in zwei gleichlange, nach hinten gerichtete Darmschenkel spaltet. Diese sind mehr oder weniger lang und können gerade verlaufen und glattwandig sein; oder sie haben einen geschlängelten Verlauf, oder erfahren eine Oberflächenvergrößerung durch seichte Ausbuchtungen der Wand. Die Ausbuchtungen können sich zu Ausstülpungen vergrößern und diese wieder sekundäre und tertiäre Ästchen tragen. So ergibt sich eine ganze Stufenleiter von Vergrößerungen der Darmoberfläche.

Bei der Vergleichung der Formen muß man stets daran denken, nur Tiere mit gleichen Lebensbedingungen miteinander zu vergleichen, da sich natürlich durch Ernährung und Umwelt Differenzen ergeben. So kann man z. B. nicht etwa einen Darmparasiten mit einem Außenschmarotzer vergleichen, da ersterer Stoffe zur Verfügung hat, die schon für die Resorption vorbereitet sind, während der Ektoparasit die Nahrung erst vollständig verdauen muß.

Aus der großen Zahl der Beispiele, die HESSE anführt, möchte ich nur zwei herausgreifen, deren nähere Erklärung durch die beigegebenen Abbildungen überflüssig wird. Fig. 1 zeigt 3 Vertreter

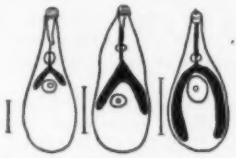

Fig. 1. Drei Arten der Gattung Ascocotyle, auf gleiche Länge gebracht. a) A. minuta (0,5 × 0,2 mm). b) A. nana (0,7 × 0,3 mm). c) A. longa (0,9 × 0,3 mm). (Nach RANSOM und HESSE). Neben den Abbildungen der Tiere ist das Längenverhältnis (10 × vergrößert) angegeben.

der Gattung Ascocotyle, die alle in Hunden schmarotzen. Hier sind die Tiere alle auf gleiche Länge gebracht, und die daneben angegebenen Maße zeigen deutlich, daß die größte Spezies den am weitesten ausgebildeten Darm besitzt. Ähnlich verhalten sich die Arten der Gattung Pleurogenes, die alle aus dem Darm von Fröschen stammen (Fig. 2). Hier sind die Tiere im richtigen gegenseitigen Größenverhältnis skizziert.

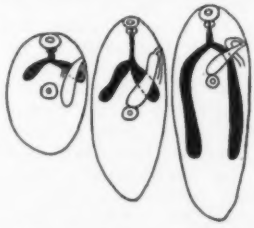

Fig. 2. Drei Arten der Gattung Pleurogenes, im richtigen gegenseitigen Größenverhältnis. Außer dem Darm ist die charakteristische Lage der Geschlechtsöffnung eingezeichnet. a) *P. confusus* (1,3 mm lang). b) *P. medians* (1,5—2 mm lang). c) *P. claviger* (bis 3,3 mm lang). (Nach LOOSS und HESSE).

Auch für die Trematoden verdient hervorgehoben zu werden, daß junge Tiere bereits den stärker gefalteten Darm besitzen. Bei Leberegeln, Distomum hepaticum (Fasciola hepatica) von 0,4—1,5 mm Länge, zeigt jeder Darmschenkel nach außen bereits 12 Aussackungen; d. h. bei einer Körpergröße, bei der andere in gleichen Verhältnissen lebende Trematoden ganz kurze, glatte Darmschenkel tragen, ist der Verdauungstrakt bei unserer Form schon weiter ausgebildet, als es den physiologischen Anforderungen entsprechen würde.

Die Beispiele, die HESSE anführt, lassen in der Tat den Schluß zu, die Körpergröße als eine mathematische Funktion der Darmoberfläche aufzufassen. Die Annahme, daß umgekehrt etwa die Darmoberfläche eine Funktion der Körpermasse sei, insofern nämlich, daß das Bedürfnis nach mehr Nährstoffen die Darmoberfläche *ausgedehnt* habe, konnte dadurch widerlegt werden, daß in allen angeführten Gruppen bei jungen Exemplaren die Vergrößerung des Darms schon zu einer Zeit eintritt, in welcher die Körpermasse auch mit geringerer Verdauungsfläche auskommen würde.

Eine Ausdehnung dieser Ergebnisse auf höhere Tiergruppen bietet mancherlei Schwierigkeiten, da sich nach „Erfindung" des Afters und der damit eintretenden Differenzierung in verschiedene Abschnitte die verdauende Fläche nicht mehr so ohne weiteres überblicken und rechnerisch verwerten läßt. Immerhin ließen sich bei den ja das größte Interesse erweckenden Wirbeltieren wenigstens Anhaltspunkte für diese Ansicht finden, da KLATT und VORSTEHER schon Hunde auf ihre Darmlänge untersucht hatten und zu dem Resultat gekommen waren, daß kleine Exemplare eine relativ weit geringere Entwicklung der resorbierenden Oberfläche aufwiesen als große. Nach KLATT liegt hier ein „Mißverhältnis" vor, da es mit den physiologischen Forderungen nicht in Einklang steht, da kleinere Tiere intensiveren Stoffwechsel besitzen als große. HESSE dagegen sieht hier wie auch bei den von E. MÜLLER gemessenen Kaninchen, die ähnliche Resultate zeigen, eine gute Bestätigung für seine Annahme, daß die Größe eine Funktion der Darmlänge sei und der Masse eines Tierkörpers Schranken gezogen sind, wenn die verdauende Fläche zu klein ist.

HESSE gibt selbst zu, daß diese Belege etwas spärlich seien. Auch dürfte bei den Wirbeltieren sicher nicht *nur* die Darmoberfläche für eine Vergrößerung der Körpermasse verantwortlich gemacht werden; denn einmal spielt aus den bereits eingangs erwähnten Gründen auch die übrige Organisation dabei eine Rolle, speziell das Skelett, und zweitens wissen wir durch die Untersuchungen von BABAK an Kaulquappen, die bei Fleischnahrung einen kurzen, bei vegetabilem Futter einen langen Darm bekommen, daß die Ausdehnung des Verdauungstraktes sehr variieren und den Bedürfnissen angepaßt werden kann. Ein Hinweis dafür, daß die bei den Urdarmtieren gefundenen Verhältnisse auch für andere Formen mit bestimmten Einschränkungen zutrifft, ist jedoch sicher gegeben.

Selbstverständlich sind mit der Feststellung, daß die Verdauungsorgane für die Größe mit verantwortlich gemacht werden können, nicht alle Probleme über die schwankenden tierischen Körperverhältnisse gelöst.

HESSE erwähnt deshalb auch die Fälle, in denen das Volumen mancher Organismen trotz scheinbar günstigster Bedingungen anderen gleichartigen gegenüber nachsteht, ohne daß zunächst eine Ursache dafür zu erkennen wäre. So bleiben beispielsweise in kleinen Räumen Individuen der gleichen Art anderen, die größere Räume zur Verfügung haben, an Größe zurück. Auf manchen kleinen Inseln Indiens ist der Hirsch stets kleiner als der des Festlandes oder größerer Inseln. Ähnlich verhält es sich mit verschiedenen Wiederkäuern, wie z. B. Rothirschen auf nordischen Inseln, und Gazella arabica überschreitet auf gewissen Inseln des Roten Meeres nicht einmal ein Drittel des Gewichts der normalen Rasse (nach ABEL). Auch bei Tieren unterhalb der Säugergruppe läßt sich ein Zusammenhang von *Lebensraum und Körpergröße* feststellen. So ist die Größe von Daphnia cucullata in der Zusammenstellung WAGLERS umgekehrt proportional der Größe der Wohngewässer. Die Größe des Herings nimmt in dem Maße ab, wie ozeanische Bedingungen denen enger Wasserräume Platz machen, und die Coregonen aus dem Greifensee und Pfäffikonsee sind Zwergformen gegenüber denen aus dem Zürichsee. Eine Entscheidung darüber, wodurch die Organismen in kleinen Räumen an Größe zurückbleiben, ist zur Zeit generell noch nicht zu fällen. Man hat die verschiedenartigsten Erklärungen dafür beigebracht, wie Inzucht, Temperaturwirkung usw.; wenn derartige Erklärungen auch für Spezialfälle vielleicht zutreffen, versagen sie anderswo wieder. Es muß demnach stets im Einzelfall untersucht werden, was etwa in Betracht kommen könnte, und das Experiment die einfache Beobachtung ergänzen.

Ansätze hierzu sind bereits erfolgreich unternommen. Dadurch, daß Gläser mit durchbohrtem Boden in andere Gefäße eingehängt wurden, ließen sich verschieden große *Räume* schaffen, denen gleiche *Wassermengen* zur Verfügung standen (vgl. Fig. 3), und es zeigte sich, daß dann in kleinen Räumen Kaulquappen und Axolotllarven kleiner blieben als in großen. Da auch eine Vermehrung der Bewohner in gleichen Räumen eine Verminderung des Wachstums hervorrief, mußte geschlossen werden, daß die gegenseitige Störung einen größeren Kräfteverbrauch und damit eine Wachstumshemmung hervorrief [GOETSCH (2)]. Neben dieser wachstumshemmenden Störung üben aber auch die Stoffwechselprodukte eine schädigende Wirkung aus, die sich bei kleineren Wassermengen stärker zeigen als bei größeren. Diese Art der Wachstumsbehinderung machte sich besonders bei weniger beweglichen Organismen geltend (Planarien), bei denen die gegenseitige Störung infolge der Enge des Wohnraumes zurücktrat. Es sind demnach hier bereits zwei ganz verschiedene Momente gefunden, die beide gleichen Erfolg haben können.

Die hier angeführten Resultate sind neuerdings auch bei Forellen nachgeprüft [WILLER (3)].

HESSE nimmt eine Wachstumshemmung infolge stärkeren Kräfteverbrauchs auch in anderen Fällen an. „Wenn die Bachforellen der Aare im Durch-

schnitt 240 g, die aus ihren Zuflüssen nur 130 g wiegen (SURBECK), so ist das vielleicht unabhängig von der Größe dieser Gewässer und läßt sich so erklären, daß in den schneller fließenden kleineren Bächen die Fische *mehr Kraft* (und damit Stoff) aufwenden müssen, um der Strömung entgegenschwimmend sich an der gleichen Stelle zu halten, daß sie also weniger Stoff für das Wachstum übrig behalten."

Diese Annahme HESSES können noch unveröffentlichte Versuche bestätigen, die Ref. an Kaulquappen durchführte. Wie bei den früheren Versuchen über den Einfluß des Lebensraums wurden durchbohrte Gläser gleicher Größe in Aquarien eingehängt, welche dieselbe Wassermenge faßten. Das zugeleitete Wasser trat in dem einen Fall mit starkem Strahl in das mit den Versuchstieren (Kaulquappen) besetzte Glas ein und erzeugte dort strudelnde Bewegung (Fig. 3 B);

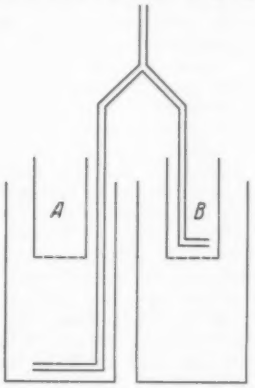

Fig. 3. Versuch über die Einwirkung der Wasserströmung auf das Wachstum der Kaulquappen. In 2 gleichgroße Aquarien sind 2 Glasgefäße mit durchbohrten Böden eingehängt (A und B). In B ist das fließende Wasser direkt eingeleitet und erzeugt dort Strömung, in A erfolgt die Zuleitung indirekt von unten, ohne stärkere Wasserbewegung zu veranlassen. Tiere in B bleiben kleiner als in A (wuchsen z. B. von 10 mm in 14 Tagen auf 14—15 mm heran, während sie in A zu gleicher Zeit 19—20 mm erreichten). Nach unveröffentlichten Versuchen.

im anderen Fall (A) wurden die Versuchstiere zwar auch von der gleichem Wassermenge umspült, aber ohne die starke Strudelung, da die Zuleitung vom großen Aquarium aus erfolgte. Stets blieben die Tiere in bewegtem Wasser an Größe zurück; in einem bestimmten Versuch wuchsen je 6 Tiere innerhalb 14 Tagen von 10 mm im bewegten Wasser nur auf 14—15 mm heran, während sie in unbewegtem Milieu es auf 19—20 mm brachten. Da beiden Kulturen die gleichen Räume, die gleichen Wassermassen und natürlich auch die gleichen Futtermengen zur Verfügung standen, kann nur die stärkere Inanspruchnahme infolge der Strömung das Wachstum gehemmt haben.

Daß die *Ernährungsverhältnisse* bei Tieren gleicher Art verschiedene Körpergröße veranlassen können, braucht wohl ausführlich nicht dargelegt zu werden; Nahrungsmangel erzeugt überall Kümmerformen. Bei Tieren niederer Differenzierung ist die Größe *unmittelbar* abhängig von der aufgenommenen Nahrung; Strudelwürmer (Planarien) und Polypen (Hydren) werden groß bei Mästung und verkleinern bei Abnahme der Fütterung ihr Volumen um ein Vielfaches. Infolgedessen kommt es manchmal scheinbar zur Ausbildung von abweichenden *Rassen*, da auch die geschlechtlich und ungeschlechtlich erzeugten Nachkommen verschieden großer Tiere an Masse differieren. Der grüne Süßwasserpolyp (Chlorohydra viridissima) kann beispielsweise in ein und demselben Wasser als Riesenform gezüchtet werden, die Daphnia magna zu überwältigen vermag, und als Zwerg-„Rasse", die nur kleinste Copepoden frißt. Je nach der Größe der Beutetiere schwankt auch die Knospengröße, und beide Gruppen bleiben so lange in einer gewissen Konstanz, als die Futterarten nicht durch Übergänge miteinander verbunden werden. Geschieht dies, dann kann die kleine Form sich nach und nach auch an größere Bissen gewöhnen und damit dann samt ihren Knospen sukzessive heranwachsen [GOETSCH (2a)].

Die mit der Ernährung zusammenhängenden Größenunterschiede können indessen durch eine Anzahl von Faktoren viel unübersichtlicher werden.

Die Menge der aufgenommenen Nährstoffe, die Ernährungsintensität, hängt nicht einfach ab von der Menge und Beschaffenheit des aufgenommenen Futters, sondern auch davon, wieviel von dem Futter das Tier in einer gegebenen Zeit verdauen und resorbieren kann, wieviel Ernährungsarbeit es zu leisten vermag. Daß bei lebhafter Beanspruchung des Stoffwechsels diese Fähigkeit nicht ausreichen kann, zeigen die Versuche von LAPICQUE. Bei dem Webervögelchen Estrilda astrild (L.) wird bei 20° C zwei Drittel der aufgenommenen Nahrung für Wärmeerzeugung verbraucht; sinkt die Temperatur der Umgebung auf 15°, wird also wegen erhöhter Wärmeabgabe reichere Stoffwechselwärme erforderlich, so reicht ihm die Kürze unserer Wintertage nicht mehr aus zu genügender Nahrungsbeschaffung; trotz beständigen Fressens magert das Tierchen ab und verhungert, während es bei 30—35° lebhaft ist und gedeiht. Wird seine Freßzeit durch künstliche Beleuchtung täglich um 2—3 Stunden verlängert, so hält es selbst Temperaturen von 14°, ja von 13°, ohne Schaden aus. Es ist leicht verständlich, daß auch in anderer Weise indirekt trotz großer Futtermenge ein Tier *relative* Hungerzustände haben kann, die ein Verkümmern herbeiführen, wie z. B. marine Formen, die mit Abnahme des Salzgehalts (Ostsee) an Größe verlieren.

HESSE knüpft an die Beschreibung der Hungerzustände beim Webervogel die Vermutung an, daß eine Vergrößerung des Verdauungsapparates

sicher den gleichen Erfolg erzielen könnte als die Verlängerung der Freßzeit; dies ist in diesem Fall natürlich nicht mehr erreichbar, da es sich um ein ausgewachsenes Tier handelt. Bei den Kaulquappen, die sich noch in Entwicklung befanden, vermochte indessen, wie wir sahen, der Darm sich den Verhältnissen anzupassen und bei reiner Pflanzennahrung einen viel längeren Darm zu erhalten als bei tierischer Kost.

Werden nun aus solch langdarmigen Tieren bei Darreichung von nährstoffreicherem Futter Riesenkaulquappen? Versuche in dieser Richtung führten zu einem negativen Resultat; d. h. die Kaulquappen vergrößerten sich *nicht*. Theoretische Erwägungen sprechen auch von vornherein *dagegen*. Wir wissen nämlich, daß bei den Vertebraten die Größe in hohem Maße von der *inneren Sekretion* abhängig ist. Die Tätigkeit der Hypophyse hat für das Wachstum eine große Bedeutung; bei Fällen tuberkulöser Erkrankung dieser Drüse sah man Zwergwuchs auftreten, während gesteigerte Tätigkeit der Hypophyse bei geschwulstartiger Vergrößerung ihres vorderen Lappens mit Riesenwuchs verknüpft war. Bekannt ist, daß angeborener oder erworbener Schilddrüsenmangel neben anderen Schädigungen auch Wachstumshemmungen (Zwergwuchs) zur Folge hat. Auch die von den Gonaden ausgehenden Hormone begrenzen die Wachstumsdauer; wenn sie fehlen, beobachtet man ein Offenbleiben der Wachstumsfugen am Gliedmaßenskelett und damit eine Verlängerung des Wachstums, die zur Hochbeinigkeit führt, während mit geschlechtlicher Frühreife eine frühzeitige Verknöcherung der Wachstumsfugen und damit Kurzbeinigkeit verknüpft ist. Gerade bei Kaulquappen zeigten die Untersuchungen HAHNS (5), daß Riesenexemplare eine hypertrophische Hypophyse besaßen, ohne daß etwa die Darmlänge relativ vergrößert erschien. Bei den am höchstorganisierten Tieren, den Vertebraten und speziell den Säugern, ist demnach durch diese Kontrolle der innersekretorischen Organe die Größe normalerweise so fixiert, daß nur geringe Schwankungen vorkommen; ein Mehr oder Weniger der Darmoberfläche vermag daher wohl kaum individuelle Schwankungen herbeizuführen.

Ebensowenig ist wohl auch das andere Endstadium der tierischen Entwicklungsreihe von der Größe der verdauenden Fläche bedingt; und zwar nicht deswegen, weil sie durch besondere Apparate wie innersekretorische Organe sich von der Außenwelt unabhängig gemacht haben, sondern weil sie sich noch in vollster Abhängigkeit von dem chemisch-physikalischen Außenmilieu befinden. Die Protozoen haben, günstigste Nahrungsbedingungen vorausgesetzt, sicher stets die Maximalgröße, die sie ihrer Intimstruktur und ihres Außenmediums nach erreichen können, und man findet daher in gleichen Verhältnissen die gleiche Gestalt und die gleiche Größenordnung, die sich bei Amöben z. B. durch Zusatz von Salzen weitgehend umändern lassen [SPEK (4)].

Das gleiche läßt sich auch noch in allerdings beschränkterem Maße von den niederen Metazoen behaupten; Hydrozoen sind in Größe und Gestalt vom Außenmilieu abhängig, so daß Cordylophora lacustris in verschiedenen Brackwasserkonzentrationen ganz bestimmte Wuchsformen zeigte [P. SCHULZE (6)] und Hydren, die an Seewasser gewöhnt werden, stets kleiner bleiben als gleichartige Exemplare unter normalen Verhältnissen (nach unveröffentlichen Versuchen). Auch Planarien hängen in ihrer Größe noch ebenfalls von Außenbedingungen ab. Hier beginnen dann aber schon die von HESSE aufgedeckten Verhältnisse; einer Größenzunahme über ein bestimmtes Maß hinaus ist durch die verdauende Fläche ein Ziel gesetzt. Man kann die Tiere durch „Mästung" zwar etwas über die normalen Maße vergrößern [GOETSCH (2b)], aber nur in gewissen Grenzen. Da den Versuchstieren (Planaria lugubris) die Fähigkeit der Teilung abgeht, entledigen sie sich der überschüssigen Materialien durch Ablage tauber Eier.

Aus dem soeben Gesagten geht schon hervor, daß auf einer unteren Entwicklungsstufe die Kontrolle der Körperdimensionen durch die Darmoberfläche noch innerhalb großer Variationsbreiten schwankt. Je komplizierter der Verdauungstrakt wird, desto konstanter wird im allgemeinen die Körpergröße; es ist durch die HESSEschen Untersuchungen sehr wahrscheinlich gemacht, daß dann die Darmoberfläche allein die Wachstumsgrenzen bestimmt (Distomum hepaticum), und nur dann größere Formen möglich werden, wenn durch eine mutative Veränderung mehr verdauende Fläche geschaffen wird. Da infolgedessen aber dann eine neue erbliche Fixierung erfolgt, wird die neue Form sich von der alten als Rasse oder Art abheben.

Diese Kontrolle der Körpergröße durch die verdauende Oberfläche wird dann wohl nur so lange möglich gewesen sein, als noch einfachere Verhältnisse herrschten. Wir sehen jedenfalls, daß da, wo die Komplikation ihren Höhepunkt erreicht hat, wie bei den Wirbeltieren, besondere Kontrollapparate in Gestalt bestimmter Drüsensysteme auftreten. Mit ihrem Erscheinen tritt dann das Darmsystem nicht mehr so in den Vordergrund und ist für die Größenverhältnisse nicht mehr so direkt entscheidend. Eine erblich fixierte Steigerung der Länge oder Breite haben wir uns dann wohl eher durch eine mutative Veränderung dieser Drüsensysteme vorzustellen, da die experimentellen und pathologischen Befunde für eine solche Annahme sprechen.

Eine Aufstellung derartiger Entwicklungsgänge kann natürlich nur spekulativen Charakter tragen, da wir ja besonders bei den niederen Tieren nur in sehr geringem Maße exakte Untersuchungen über die Ursachen der Körpergröße besitzen. Um so dankenswerter ist es, daß HESSE auf neue Zusammenhänge aufmerksam machte, und es ist nur zu wünschen, daß er bald Nachfolger in dieser Richtung erhält.

Literatur.

1. HESSE, R., Über die Grenzen des Wachstums. Jena 1927 (Dort auch alle in diesem Aufsatze nicht mit Zahlen bezeichnete Autoren).
2. A. GOETSCH, Lebensraum und Körpergröße. Biol. Zentralbl. 44, 529—560, 1924.
2a) W. GOETSCH, Die Symbiose der Süßwasserhydroiden. Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. A: Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 1, 660—751, 1924.
2b) W. GOETSCH, Versuche über Selbstbefruchtung bei Planarien. Natur 15. 1924; Biolog. Zentralbl. 44, 667. 1925.
3. A. WILLER und E. SCHNIGENBERG, Über den Einfluß des Raumfaktors auf das Wachstum der Forellenbrut. Zeitschr. f. Fischerei, 25, 263 bis 290, 1927.
4. J. SPEK, Protoplasmabewegung. Handb. d. norm. u. pathol. Physiol., Bd. VIII, 1.
5. A. HAHN, Beobachtungen an Riesenlarven von Rana esculenta. Arch. f. mikroskop. Anat. 80, Abt. I, 1—38, 1912.
6. P. SCHULZE, Die Hydroiden der Umgebung Berlins mit besonderer Berücksichtigung der Binnenlandform vom Cordylophora lacustris. Biol. Zentralbl. 41, 1921.

Physikalisch-chemische Analyse der Hitzeveränderungen der Proteine.

Zugleich ein Beitrag zur Frage der Reversibilität der Eiweißdenaturierung.

Von MONA SPIEGEL-ADOLF, Wien.

Von allen Veränderungen, die physikalische Einwirkungen an Proteinen hervorzurufen imstande sind, haben ob ihrer biologischen und praktischen Bedeutung diejenigen, welche durch Temperatursteigerungen bedingt werden, stets die größte Beachtung gefunden. Dennoch fehlt bis zum heutigen Tage eine eindeutige, allgemein anerkannte Erklärung sowohl der durch die Hitzeeinwirkung am Proteinmolekül bewirkten Veränderungen, als auch der Bedingungen ihres Zustandekommens. Von Kriterien der Hitzeveränderungen werden nur die Irreversibilität und verminderte Löslichkeit der betreffenden modifizierten Proteine allgemein hervorgehoben.

Eine physikalisch-chemische Untersuchung vermag naturgemäß nur indirekt durch Vergleich der Eigenschaften des Hitzefällungsprodukts mit genuinem Eiweiß und durch andere Agenzien modifizierten Proteinen zur Aufklärung der Frage nach den chemischen Grundlagen der Hitzeveränderungen am Eiweiß beizutragen. Hingegen dürfte die genannte Methode besonders geeignet sein, um die zum Eintritt der Hitzeveränderungen notwendigen Bedingungen zu studieren.

Demgemäß sollen in der folgenden Abhandlung, welche eine Zusammenfassung einer Reihe von eigenen Arbeiten (1) und derzeit noch unveröffentlichten Versuchsergebnissen über die Hitzeveränderungen sowie andere Denaturierungsarten von Proteinen darstellt, in erster Linie diese beiden Fragen behandelt werden. Als Versuchsmaterial wurden von wasserlöslichen Proteinen Ser- und Ovalbumin, von wasserunlöslichen Globulin verwendet.

I.

Bevor wir uns der Frage nach dem Wesen der Hitzeveränderungen der Proteine zuwenden, erscheint es notwendig, erst ihre *Entstehungsbedingungen* festzustellen.

Entgegen einer ganzen Reihe von Angaben (z. B. LEPESCHKIN), welche die Hitzekoagulationsfähigkeit von vollkommen reinen Albuminlösungen in Abrede stellen und solcher (Lit. bei KESTNER [2]), welche dasselbe über dialysiertes Albumin aussagen, läßt sich zeigen, daß durch Elektrodialyse von ionogenen Beimengungen befreites Ser- und Ovalbumin weitgehend unabhängig von deren Konzentration durch Hitzeeinwirkung zur Ausfällung gebracht werden können. Es ist somit auch nicht notwendig, die an und für sich schwach saure Reaktion des elektrodialysierten Albumins (3) durch Zusätze zu modifizieren oder isoelektrische Reaktion (MICHAELIS und Mitarbeiter) herbeizuführen.

Zur Erzielung einer möglichst vollständigen Fällung bei tunlichster Vermeidung sekundären Abbaues wurden gemäß den Angaben von SÖRENSEN die Eiweißlösungen durch 15 Minuten bei der Temperatur des siedenden Wasserbades gehalten. Im Filtrate, das nach Hitzekoagulation nur beim Seralbumin praktisch eiweißfrei ist, erweist sich die Leitfähigkeit gegenüber der Ausgangslösung als um ein geringes erhöht, die Wasserstoffionenaktivität jedoch als weitgehend herabgesetzt.

Elektrodialysiertes, durch Waschen von löslichen Eiweißbeimengungen befreites Globulin (4) wurde in wässeriger Suspension in ähnlicher Weise wie das wasserlösliche Albumin der Hitzeeinwirkung ausgesetzt.

II.

Um die Eigenschaften des *hitzeveränderten Globulins* kennen zu lernen und aus dem Vergleich derselben mit dem Verhalten des genuinen Materials Schlüsse auf die Natur der gesetzten Veränderungen ziehen zu können, wurde zunächst die Löslichkeit des hitzeveränderten Globulins in Laugen, Säuren und Neutralsalzen bestimmt. Da zeigte es sich nun, daß falls man die Löslichkeit des genuinen Globulins in den genannten Verbindungen gleich 1 setzt, diejenige für das hitzeveränderte in der gleichen Reihenfolge der Lösungsmittel $^1/_5$, $^1/_{40}$, $^1/_{100}$ beträgt. Des weiteren konnte durch Heranziehung von Leitfähigkeits- und Wasserstoffionenaktivitätsbestimmungen, Messung der Wanderungsgeschwindigkeiten und qualitativer Überführungsversuche der Nachweis geliefert werden, daß das hitzeveränderte Globulin Säure und Lauge in anderer Weise bindet als das genuine Protein.

Nach den von HARDY und PAULI (5) gegebenen

schematischen Darstellungen werden (bei vorhandenem Eiweißüberschuß) Säure nnd Basen vorwiegend an endständige Amino- und Carboxylgruppen gebunden.

$$R\langle^{NH_2}_{COOH} + HCl \rightarrow R\langle^{NH_3Cl}_{COOH};$$

$$R\langle^{NH_2}_{COOH} + NaOH = R\langle^{NH_2}_{COONa} + H_2O.$$

Aus dem verminderten Lösungsvermögen von Säuren und Basen für hitzeverändertes Globulin wird gefolgert, daß das genuine Globulin beim Erhitzen vorwiegend eine Veränderung seiner endständigen Amino- und Carboxylgruppen erfahren hat. Da jedoch das Basenbindungsvermögen im Laugenüberschuß des hitzeveränderten Globulins weitgehend erhalten geblieben ist, PAULI in Anlehnung an ROBERTSON (6) diese Laugenmehrbindung an der Stelle der Peptidbindung erfolgen läßt, so dürfte nach den vorliegenden Resultaten die letzteren beim hitzeveränderten gegenüber dem genuinen Globulin keine oder nur eine geringfügige Modifikation erfahren haben.

III.

Das *hitzegefällte Seralbumin* zeigte insofern eine gewisse Übereinstimmung mit dem eben beschriebenen Verhalten des Globulins als auch hier die gleiche Reihenfolge in der Wirksamkeit der Lösungsmittel beobachtet werden konnte. Besonders die Löslichkeit in Neutralsalzen war nur angedeutet. Untersucht man jedoch die im Eiweißüberschuß hergestellte alkalische Lösung näher, so kommt man zu dem überraschenden Ergebnisse, daß dieselbe bei Neutralisation nicht ausfällt, also die in diesem Falle nur geringe Salzkonzentration scheinbar genügt, um eine relativ beträchtliche Eiweißmenge in Lösung zu halten. Das hitzegefällte Seralbumin hat somit unter dem Einfluß der NaOH seine Eigenschaften geändert. Dies geht aufs deutlichste aus den folgenden Versuchsergebnissen hervor. Wenn man dieselbe alkalische Lösung des hitzegefällten Seralbumins der Elektrodialyse aussetzt, so wird unter dem Einfluß der letzteren nur das Alkali quantitativ beseitigt. Trotzdem bleibt das gesamte, durch die Hitzeeinwirkung ursprünglich wasserunlöslich gewordene Seralbumin in Lösung. Diese unterscheidet sich äußerlich nicht von einer genuinen Seralbuminlösung. Das hitzegefällte Seralbumin ist also unter der Einwirkung der Lauge wieder wasserlöslich geworden. Denn es konnte gezeigt werden, daß diese Veränderung weder auf Einwirkung der Elektrodialyse auf das hitzekoagulierte Produkt, noch etwa auf bakterielle oder fermentative Vorgänge zurückgeführt werden kann.

Es war nun weiter festzustellen, ob das durch Laugenbehandlung rückverwandelte Hitzedenaturierungsprodukt (hier Protein X genannt) mit dem genuinen Albumin identisch ist oder einen bislang unbekannten Eiweißkörper darstellt.

Protein X unterscheidet sich weder äußerlich noch durch sein Verhalten gegen Am_2SO_4, was gegen die Auffassung desselben als primäre Albumose (E. P. PICK) spricht, vom Ausgangsmaterial. Es teilt mit demselben die niedrige Leitfähigkeit und schwach sauere Reaktion, was die restlose Entfernung des Laugenzusatzes beweist, sowie das Verhalten beim Erhitzen. Es konnte kein Unterschied im optischen Drehungsvermögen des Protein X gegenüber genuinem nach Reduktion auf gleichen Gehalt nachgewiesen werden. Gegenüber Alkohol, Gold- und Mastixsol zeigt Protein X weitgehende Übereinstimmung mit dem ursprünglichen Albumin.

Zur weiteren Identifizierung von Protein X sind serologische Methoden herangezogen worden. In Hinblick auf die grundlegenden Untersuchungen von OBERMAYER und PICK, welche gezeigt haben, daß hitzeverändertes Eiweiß (Koktoserum) mit normalem präcipitierenden Serum keine Fällung ergab und daß das mit Koktoserum als Antigen hergestellte Immunserum nur wieder mit Koktoserum, nicht aber in nennenswerter Weise mit genuinem Eiweiß reagierte, wurden entsprechende Versuche mit dem Protein X angestellt. Es konnte der Nachweis erbracht werden, daß sich dasselbe auch in biologischer Hinsicht nicht von genuinem Albumin unterscheiden läßt.

Es scheint demnach nicht möglich, mit Hilfe der hier angewendeten physikalisch-chemischen und biologischen Methodik — die rein chemische erschien nach den Untersuchungsergebnissen von SÖRENSEN (7) im vorhinein wenig aussichtsvoll zu sein — wesentliche Unterschiede zwischen dem Protein X und seinem Ausgangsmaterial, dem genuinen Seralbumin, aufzudecken. Die Übereinstimmung ist vielmehr eine so weitgehende, daß, solange keine neuen, dagegen sprechenden Versuchsresultate vorliegen, an eine bestehende Gleichheit der beiden Proteine gedacht werden muß. Eine solche Gleichsetzung würde aber besagen, *daß durch die vorgenommene Behandlung des hitzekoagulierten Albumins der Prozeß der Hitzeveränderung auf chemischem Wege rückgängig gemacht worden ist.*

Es muß hier hervorgehoben werden, daß nach der allgemeinen Ansicht nicht nur die Hitzedenaturierung der Eiweißkörper für irreversibel gilt, da eine entsprechende Temperaturherabsetzung dieselbe nicht beseitigt, daß aber auch eine durch die Einwirkung chemischer Agentien bewirkte, allgemein ausführbare Rückverwandlung des Hitzefällungsproduktes nicht bekannt ist[1]. So gibt KESTNER an, daß koaguliertes Eiweiß nicht ohne weitgehende Spaltung und nicht ohne Änderung seiner ursprünglichen Eigenschaften gelöst werden

[1] Erst in jüngster Zeit ist eine Arbeit von WILLHEIM (Biochem. Zeitschr. 180, 231. 1927) erschienen, der ebenfalls die bei Behandlung von hitzegefälltem Eiweiß mit bestimmten Salzen entstandenen wasserlöslichen Produkte als rückverwandeltes Protein auffaßt.

kann, sondern dauernd denaturiert bleibt. Die wenigen gegenteiligen Angaben, wie die von CORIN und ANSIAUX, die überdies von PAULI widerlegt worden sind, und diejenigen von MICHAELIS und RONA beziehen sich meist auf das Anfangsstadium der Koagulation. So geben die letzteren Autoren an, daß nur kurzgekochtes Albumin, in HCl gelöst, die Eigenschaften von genuinem Albumin besitze, d. h. bei isoelektrischer Reaktion koaguliere, daß aber ein Kochen von mehreren Minuten genüge, um das Albumin irreversibel zu verändern. Hingegen muß nochmals darauf verwiesen werden, daß das hier verwendete, später rückverwandelte Albumin 15 Minuten hindurch bei Siedehitze gehalten worden ist. Ebenso enthält eine diesbezügliche Angabe von HOPPE-SEYLER nebst einer Einschränkung der Höhe der Denaturierungstemperatur eine solche über die Dauer der Einwirkung (ohne nähere Daten).

Im Gegensatze zu den eben vorgebrachten Ansichten über die Möglichkeit einer allgemein durchführbaren Rückverwandlung des hitzedenaturierten Albumins in sein Ausgangsmaterial ist es interessant festzustellen, daß immunbiologische Erfahrungen bereits diese Deutung erfahren haben. (SCHMIDT, WELLS und LEWIS), daß das Hitzekoagulat im Organismus wieder in sein Ausgangsprodukt rückverwandelt werden kann.

Fassen wir nun die am hitzeveränderten Globulin und Seralbumin gemachten Erfahrungen zusammen, so kommen wir zu dem Ergebnisse, daß es hauptsächlich die endständigen Gruppen am Eiweißmolekül sind, die unter Hitzeeinwirkung Veränderungen erfahren, die unter geeigneten Versuchsbedingungen rückgängig gemacht werden können.

Notwendige Voraussetzung für die Möglichkeit einer Reversibilität der Hitzeveränderung im obigen Sinne ist, daß dieselbe nicht von sekundären Abbauvorgängen des Eiweiß begleitet ist. Solche werden aber nach Angaben von SÖRENSEN, denen eigene Beobachtungen entsprechen, beim Erhitzen von *Eialbumin* festgestellt. Nach der dem Verhalten des hitzeveränderten Seralbumins gegebenen Deutung wären beim Eialbumin verschiedene Eigenschaften seines Hitzeveränderungsproduktes gegenüber in gleicher Weise behandeltem Seralbumin zu gewärtigen. Dahin gerichtete Versuche lassen nun solche deutlich erkennen. Das Entstehen einer wasserlöslichen Modifikation des hitzegefällten Eialbumins bei der Behandlung mit Lauge konnte im Gegensatze zum Seralbumin unter gleichen Versuchsbedingungen nicht beobachtet werden.

Versuchen wir nun das hier über das Verhalten von hitzeverändertem Globulin und Seralbumin Festgestellte für eine Beurteilung der bei der Hitzeeinwirkung am Eiweißmolekül hervorgebrachten Veränderung heranzuziehen, so muß, wie bereits einleitend erwähnt, nochmals betont werden, daß die physikalisch-chemische Analyse weder direkte noch eindeutige Beweise für die Existenz einer bestimmten chemischen Veränderung geben kann. Doch haben die meisten der mit diesem Gegenstand sich beschäftigenden Autoren von den zahlreichen Erklärungsmöglichkeiten abgesehen und das Problem der Hitzeveränderung in die Entscheidung der Alternativfrage verlegt, ob das Wesentliche des Prozesses in einem Ringschlusse mit Kondensation oder in einer Hydrolyse besteht.

Der erstere Vorgang läßt sich mit Zuhilfenahme des hier bereits gebrachten HARDY-PAULIschen Eiweißschemas als Bildung eines inneren Salzes mit oder ohne Wasseraustritt veranschaulichen:

$$R\langle^{NH_2}_{COOH} \rightarrow R\langle^{NH_3}_{COO} \text{ oder } R\langle^{NH}_{CO} + H_2O.$$

Für die Hydrolyse müßte eine Formel gewählt werden, die der Gleichung Protein + H_2O = hitzeverändertes Protein gerecht wird.

Sollte die bei Laugenbehandlung feststellbare Rückverwandelbarkeit des Hitzekoagulats zur Deutung der die Denaturierung in dem speziellen Falle bedingenden Veränderungen am Eiweißmolekül herangezogen werden, so mußte zuerst der Nachweis erbracht werden, daß diese Erscheinung für das Hitzekoagulat charakteristisch sei. Es wurde daher das Verhalten von Eiweißkoagulaten, die durch andere Einwirkungen erzeugt worden waren, in der gleichen Richtung geprüft. Als denaturierende Agenzien wurden die Alkoholeinwirkung, Ultraviolett- und Radiumstrahlung gewählt. Bei einer Versuchsanordnung, die zwar der obigen nicht analog, aber tunlichst vergleichbar gewählt worden war, ließ sich feststellen, daß sich wohl das wasserunlösliche Alkoholdenaturierungsprodukt des Seralbumins durch Laugeneinwirkung und nachträgliche Beseitigung des Elektrolyts in ein wasserlösliches, hitzekoagulables Produkt umwandeln läßt. Beim Eialbumin konnte dagegen dieses Verhalten nicht nachgewiesen werden. Ebenso wurde dasselbe bei den beiden Strahlungskoagulaten des Seralbumins vermißt.

Aus diesen Versuchsergebnissen geht demnach hervor, daß die beschriebene Rückverwandelbarkeit des Koagulats nicht allen Denaturierungsprodukten zukommt, sondern nur gewissen eigentümlich ist, somit geeignet erscheint, Unterschiede zwischen den letzteren, über welche in der Literatur sonst wenig bekannt ist, festzustellen. Für die eingangs gestellte Frage erscheint es nun bedeutungsvoll, daß gerade das Produkt der Ultravioletteinwirkung, die nach den Untersuchungen von NEUBERG zunächst eine Hydrolyse der Proteine bewirkt, nicht reversibel zu machen ist, während der im Sinne einer Wasserentziehung wirkende Alkohol ein Koagulat bedingt, das das gleiche Verhalten wie das Hitzefällungsprodukt aufweist. Trotz der geistreichen Ausführungen WUS (8) scheinen diese Ergebnisse eher im Sinne von Theorien verwertbar, die das Wesen der Hitzedenaturierung nicht als eine Hydrolyse des Proteins deuten.

Nachdem nun hier gezeigt worden ist, daß die durch Hitzeeinwirkung gesetzten Veränderungen

durch kleine Laugen- oder Säuremengen rückbildbar sind, scheint der Annahme eines bei Hitzeveränderung erfolgenden Ringschlusses der endständigen Gruppen mehr Wahrscheinlichkeit zuzukommen. Denn von den verwendeten, die Rückbildung bedingenden Zusätzen kann wohl eine hydrolytische Wirkung auf einen bestehenden Ringschluß erwartet werden, hingegen ist es schwer einzusehen, wie eine stattfindende Hydrolyse durch Zusätze von Laugen und Säuren, welche ein Fortschreiten derselben begünstigen, zum ursprünglichen Ausgangszustand zurückgeführt werden soll.

IV.

Zur weiteren Aufklärung der Lokalisierung der Hitzeveränderungen am Eiweißmolekül läßt sich das Verhalten der in Elektrolytgegenwart erhitzten Proteine heranziehen. Bezüglich der Albumine gilt bekanntlich (vgl. z. B. PAULI und HANDOVSKY, H. CHICK und C. J. MARTIN) die Anschauung, daß beim Erhitzen derselben mit Alkali oder Säure es in jedem Falle zu einer Veränderung des Proteins kommt, ein Ausfallen desselben durch die Säure- oder Laugengegenwart gehemmt wird, diese Hemmung durch die Anwesenheit von Neutralsalzen mehr oder minder aufgehoben wird. Wenn wir zunächst die Wirkung der Säure- oder Laugengegenwart ohne Salzzusätze auf die Hitzeveränderung von Proteinen untersuchen, so muß zunächst einer möglichen Verallgemeinerung der obigen Angaben auf Grund der Versuchsergebnisse am Globulin entgegengetreten werden. Im Globulinüberschuß hergestellte Lösungen in $^1/_{100}$ n-HCl und NaOH ließen auch nach 15 Minuten langem Erhitzen zum Sieden keine Veränderung ihres äußeren Aussehen, der Wasserstoffionenaktivität, der Leitfähigkeit erkennen. Das Vermögen, im Überschuß von Säure resp. Lauge weitere Mengen derselben zu binden, ist unverändert geblieben, durch geeignete Versuchsanordnung konnte festgestellt werden, daß beim erhitzten Säureglobulin das Laugen-, beim erhitzten Laugenglobulin das Säurebindungsvermögen keine Modifikationen erfahren hat. Schließlich konnte auch der Nachweis erbracht werden, daß die Neutralsalzlöslichkeit des in den genannten Lösungen enthaltenen Globulins trotz der erfahrenen Hitzeeinwirkung unverändert erhalten geblieben ist. Die vorliegenden Versuchsergebnisse geben also keine Anhaltspunkte für die Annahme einer beim Erhitzen des Säure- oder Laugenglobulins erfolgten Denaturierung des Proteins.

Bei der Diskrepanz zwischen diesen Befunden und den angeführten Literaturangaben über Albumine war eine Nachprüfung mit diesen letzteren Eiweißkörpern geboten, wobei nach dem obigen besonders das Verhalten vom Seralbumin von Interesse schien.

Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, d. h. um den Einfluß eines Zuviels oder Zuwenigs an Lauge oder Säure auszuschalten, wurde bei konstantem Albumingehalt die Menge der letzteren variiert. Nach Erhitzen der Lösungen wurde der Elektrolytzusatz durch Elektrodialyse beseitigt. Diese Verfeinerung der Untersuchungsmethodik erwies sich als zweckmäßig. Denn durch Trockengehaltsbestimmungen konnte gezeigt werden, daß beim Säure- und Laugenalbumin bei steigendem Elektrolytzusatz die *Menge des beim Erhitzen wasserlöslich gebliebenen Proteins zunächst durch ein Maximum geht, um dann wieder abzufallen*. In quantitativer Beziehung bestehen ziemlich beträchtliche Differenzen zwischen Säure- und Laugenalbumin. Im günstigsten Falle entgehen beim Säurealbumin mehr als 90% der Hitzeveränderung. Da somit prinzipiell eine weitgehende Übereinstimmung im Verhalten von Globulin und Seralbumin beim Erhitzen in Säure- und Laugegegenwart nachzuweisen ist, dürfte die bislang gültige Annahme, daß bei jeder Reaktion eine Hitzedenaturierung des Proteins eintrete, nicht in vollem Umfange aufrecht zu erhalten sein.

V.

Da sich somit bei geeigneter Versuchsanordnung Veränderungen des in seinen annähernd neutralen Verbindungen mit Säure oder Laugen erhitzten Globulins und Seralbumins (trotz komplizierender Reaktionen beim letzteren) nicht erkennen lassen, so mußte auch der Einfluß untersucht werden, den *Neutralsalzzusatz* angeblich auf das Manifestwerden von stattgehabten Denaturierungen ausübt.

Durch systematische Untersuchungen am Globulin, Ser- und Ovalbumin konnte der Nachweis erbracht werden, daß selbst in Fällen, bei welchen das Protein zum Teil oder zur Gänze durch die Hitzeeinwirkung denaturiert worden war, *der Salzzusatz nur dann eine Fällung hervorbringt, wenn er vor dem Erhitzen der Eiweißlösungen erfolgt*. Es ist somit nicht möglich, die Wirkung des Salzzusatzes, welcher eine gesteigerte Hitzelabilität der erst zu erwärmenden Lösung bedingt, in dem Sinne zu deuten, wie es bis jetzt geschehen ist, daß derselbe die durch die Gegenwart von Säure oder Lauge gehemmte Fällung des denaturierten Präparates aufhebe. Somit geben die vorliegenden Befunde keine Anhaltspunkte, die allgemein eine Unterteilung der Hitzeveränderungen der untersuchten Proteine in Denaturierung und Koagulation (H. CHICK und J. H. MARTIN) geboten erscheinen lassen würden.

Die hier gebrachten Ergebnisse lassen sich dahin *zusammenfassen:*

Reinste Ser- und Ovalbumine koagulieren vollständig beim Erhitzen. Das so gewonnene Koagulat des Seralbumins vermag durch Behandlung mit verdünnten Laugen oder Säuren ganz oder teilweise seine Wasserlöslichkeit wiederzugewinnen und ist dann weder auf physikalisch-chemischem noch auf biologischem Wege von genuinem Seralbumin zu unterscheiden. Beim Erhitzen von Seralbumin in Gegenwart von Säuren oder Laugen kann, je nach dem quantitativen Verhältnisse derselben zuein-

ander, ein Teil oder selbst die Hauptmenge des Proteins seine Wasserlöslichkeit beibehalten. Wirkungen von Neutralsalzzusatz auf das Verhalten von Säure- oder Laugenalbumin beim Erhitzen können nur beobachtet werden, falls der Salzzusatz vor dem Erhitzen erfolgt ist, unabhängig, ob das Albumin bereits denaturiert oder noch wasserlöslich war. Es wird auf die Bedeutung hingewiesen, welche die festgestellte Rückverwandelbarkeit des hitzegefällten Seralbumins für die Beurteilung der der Hitzeveränderung zugrunde liegenden Modifikation des Eiweißmoleküls hat.

Literatur.

1. M. Spiegel-Adolf, Kolloid-Zeitschr. **35**, 342. 1924 und **38**, 127. 1926; Kolloidchem. Beih. **20**, 288. 1924; Biochem. Zeitschr. **170**, 126. 1926. Daselbst weitere Literatur und **186**, 181. 1927; Heatdenaturation of Proteins im American Handbook of Colloid Chemistry, im Druck.
2. O. Kestner, Chemie der Eiweißkörper. Braunschweig 1925.
3. M. Adolf und Wo. Pauli, Biochem. Zeitschr. **152**, 360. 1924.
4. M. Adolf, Kolloidchem. Beih. **17**, 1. 1923.
5. Wo. Pauli, Kolloidchemie der Eiweißkörper. Dresden und Leipzig 1920.
6. T. B. Robertson, Physikalische Chemie der Eiweißkörper. Dresden und Leipzig 1912.
7. M. und S. P. L. Sörensen, C. r. d. trav. d. Lab. Carlsberg **15**, 1. 1925.
8. H. Wu, Chin. Journ. of physiol. **1**, 81. 1927.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.
Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Eine Neubestimmung der Halbwertszeit des Protactiniums und dessen Gehalt in Uranmineralien und Uranrückständen[1].

Das Protactinium, das zwischen dem Thor und dem Uran stehende Element mit der Ordnungszahl 91 beansprucht deshalb ein besonderes Interesse, weil es neben dem Radium das einzige neue radioaktive Element ist, das — vermöge seiner langen Lebensdauer — in für den Chemiker zugänglichen Mengen in der Natur vorkommt. Die Halbwertszeit des Protactiniums wurde von Hahn und Meitner[2] zu rund 12000 Jahren bestimmt. Dieser Wert mußte nach der Art der Untersuchung eine untere Grenze darstellen.

Unter Benutzung dieses Wertes für die Halbwertszeit des Protactiniums, des Wertes $5 \cdot 10^9$ Jahre für die Halbwertszeit des Urans und eines Abzweigungsverhältnisses der Actiniumreihe aus der Uranreihe von 3%, berechneten Hahn und Meitner, daß eine Tonne Uran eines beliebigen Uranminerals 72 mg Gewicht Protactiniumelement enthält.

Bei der großen Bedeutung der Halbwertszeit des Protactiniums für die Frage seiner chemischen Herstellbarkeit haben wir in den letzten Jahren eine Neubestimmung seiner Halbwertszeit vorgenommen und dabei eine Methode verwendet, der die damals unvermeidbaren Unsicherheiten der Bestimmung nicht anhafteten.

Größere Mengen Urannitrat wurden sorgfältig von Protactinium befreit, und die völlig reinen Präparate während einer genau definierten Zeit (1,9 und 4 Jahre) lagern lassen. Während dieser Zeit bilden sie Protactinium nach. Aus der nachgebildeten Menge und der leicht berechenbaren Gleichgewichtsmenge läßt sich die Halbwertszeit des Protactiniums experimentell ermitteln.

Als Mittel von vier unabhängigen Bestimmungen ergab sich für die Halbwertszeit des Protactiniums der Wert 20760 Jahre. Zwei weitere, weniger einwandfreie Bestimmungen ergaben etwas niedrigere Werte, doch halten wir den höheren Wert für den zuverlässigeren. Als Resultat finden wir also die Halbwertszeit des Protactiniums zu rund 20000 Jahren, mit einer Fehlermöglichkeit von 10%. Legt man diese neu ermittelte Halbwertszeit des Protactiniums zugrunde, so ergibt sich die Gewichtsmenge des Protactiniums pro Gramm Uran zu

$$\frac{20 \cdot 10^3}{4{,}5 \cdot 10^9} \cdot 0{,}03 \cdot \frac{230}{238} = 1{,}29 \cdot 10^{-7}\ \text{g}.$$

(Für die Halbwertszeit des Urans ist dabei $4{,}5 \cdot 10^9$ Jahre, für das Atomgewicht des Protactiniums 230 angenommen.) Eine Tonne Uran eines beliebigen Uranminerals enthält also 129 mg Gewicht Protactiniumelement (gegenüber 340 mg Radiumelement). Was den Protactiniumgehalt der Joachimsthaler Radiumrückstände anbelangt, die wohl zur Zeit das geeignetste Ausgangsmaterial für die Protactiniumdarstellung sein dürften, so ergibt sich aus den von Hahn und Meitner[1] angegebenen Protactiniumbestimmungen der Rückrückstände unter Einsetzung der neuen Halbwertszeit ein Gehalt von 185 mg Protactinium pro Tonne Rückrückstände.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, den 10. August 1927.

Otto Hahn und Ernst Walling.

[1] Vergl. hierzu die Arbeit von A. v. Grosse im Heft 37 dieser Zeitschrift. Durch ein Versehen unsererseits konnte die vorliegende Mitteilung nicht mehr, wie vorgesehen, in dem gleichen Heft erscheinen. H. und W.

[2] O. Hahn und L. Meitner, Chem. Ber. **54**, 69. 1921.

[1] l. c.

Besprechungen.

Beggerow, Hans, **Die Erkenntnis der Wirklichkeiten.** Eine Fortbildung des transzendentalen Idealismus zum transzendentalen Realismus durch Kritik des Gegebenen. Halle a. S.: Max Niemeyer 1927. XLII, 558 S. 15×24 cm. Preis geh. RM 22.—.

Dieses Buch wirkt zunächst wie ein Anachronismus. Es ist ausgesprochen unmodern. Will man es historisch einreihen, so muß man es für die geradlinige Fortsetzung eines Buches erklären, das im Jahre 1857 erschienen ist: *Metaphysik* von Ernst Friedrich Apelt. (Diesen Vorläufer erwähnt der Verfasser allerdings nirgends, obwohl kaum bezweifelt werden kann, daß er ihn kennt.) Wie Apelt, ist Beggerow ein Jünger von Jakob Friedrich Fries, ohne aber der von Leonard Nelson begründeten Neu-Friesschen Schule anzugehören (auch diese Schule und ihr Gründer werden

nirgends genannt). Das Buch stellt den Versuch dar, die Erkenntnislehre von FRIES — ihrerseits eine Fortbildung der KANTischen — den Fortschritten anzupassen, die die Wissenschaft, speziell die Physik, in den letzten 100 Jahren gemacht hat. Das geht natürlich nicht ohne einen gewissen Umbau des Systems an. Immerhin sind die Grundmauern stehen geblieben, und die neuen Teile fügen sich stilgerecht in den alten Bau ein. Es ist ein Beweis für die Lebenskraft der KANT-FRIESschen Philosophie, daß dabei ein imposanter und doch gefälliger Bau herausgekommen ist.

Es wäre eine interessante Aufgabe, das System BEGGEROWS Punkt für Punkt mit dem FRIESschen zu vergleichen und die Motive der Abweichungen zu untersuchen; aber für eine solche dogmengeschichtliche Untersuchung ist hier nicht der Ort. Wir müssen uns auf eine sachliche Kritik der Grundlagen beschränken.

Beginnen wir mit dem Begriff der *Erkenntnis:* Erkenntnisse sind nach dem Verfasser — ganz im Sinne von FRIES — „assertorische Vorstellungen, die mit der Überzeugung von der *Objektivität* . . . ihres Gegenstandes verbunden sind" (S. 54). Nun versteht man im gewöhnlichen Sprachgebrauch unter Erkenntnissen Vorstellungen, denen objektive Gültigkeit wirklich zukommt. Eine solche Begriffsbestimmung wird zwar vom Verfasser ausdrücklich abgelehnt, er erklärt es auch für sinnlos, auf Erkenntnisse die Prädikate „wahr" und „unwahr" anzuwenden, diese sollen vielmehr nur für Urteile in Betracht kommen. Dennoch geht auch bei ihm die auf Definition beruhende, bloß subjektive Bedeutung des Wortes „Erkenntnis" in die dem Sprachgebrauch entsprechende objektive unvermerkt über. Wir wollen nur eine Stelle als Beispiel anführen: „Wo tatsächlich empirische oder Wahrnehmungserkenntnis ist, da liegt ‚Wirklichkeit' vor als ein Faktum, das nicht nur für das gerade erkennende Subjekt gilt, sondern für alle anderen der Erkenntnisfunktion fähigen Wesen, für die ‚Erkenntnis überhaupt'." (S. 11.) Die Folge davon ist, daß zur Feststellung, ob ein gewisses Erlebnis eine „Erkenntnis" ist, die Untersuchung dieses Erlebnisses selbst nicht ausreicht, wie doch nach der Definition zu erwarten wäre, sondern daß darüber erst der Vergleich mit anderen „Erkenntnissen", letzten Endes mit dem Ganzen unserer Erkenntnis, entscheidet. Das gilt jedenfalls für Wahrnehmungserlebnisse. Für das Ganze der Erkenntnis liegt aber die Gewähr der Objektivität in den Formen der reinen Anschauung und den Kategorien, kurz, in den Erkenntnissen *a priori*. Ein Erfahrungsurteil kann also auf objektive Gültigkeit nur Anspruch machen, wenn es gemäß den a priori erkannten Gesetzen gebildet ist Das ganze System steht und fällt also mit der Theorie von der Erkenntnis a priori. Ehe wir jedoch auf diese näher eingehen, wollen wir noch einen Punkt erwähnen, der für BEGGEROW charakteristisch ist. Gemäß seiner idealistischen Grundansicht erkennt er der Welt der Erfahrung nur Erscheinungscharakter zu. Aber gerade weil auch das Weltbild der Naturwissenschaft nicht das wahre Wesen der Dinge enthüllt, treten neben dieses Weltbild andere als gleichberechtigt. Dazu gehört in erster Linie die Welt der Farben, Töne, Gestalten, wie sie uns die Sinnesanschauung unmittelbar darbietet. Diese Welt — der Verfasser nennt sie mit FRIES die „morphische" — ist ihm ebenso *Wirklichkeit*, wie die zuständlich-logische der modernen Physik. Daher spricht er schon im Titel seines Werkes von einer Mehrzahl von „Wirklichkeiten". Auch dieser Bestandteil seiner Philosophie findet sich übrigens, wenn auch in weniger radikaler Form, schon bei FRIES und APELT. Es ist leider nicht möglich, diese Lehre hier zu kritisieren, da wir uns auf das Grundsätzliche beschränken müssen. — Wir wenden uns daher zur Frage der *apodiktischen* oder *apriorischen* Erkenntnis. Das ist eine, die notwendig gilt. „Notwendig aber heißt eine Geltung, wenn sie mit dem Bewußtsein verbunden ist, von keiner späteren Erkenntnis widerrufen werden zu können, sobald sie überhaupt nur ein einziges Mal rechtsgültig festgestellt worden ist" (S. 54). Hier wird offenbar nicht nur die subjektive Überzeugung von der Unwiderruflichkeit, sondern diese Unwiderruflichkeit selbst in die Definition der Notwendigkeit aufgenommen. Mit KANT werden innerhalb der apodiktischen Urteile synthetische und analytische unterschieden. Diese letzten interessieren uns hier nicht. Die Kern- und Lebensfrage der KANTischen, und damit auch der FRIES-BEGGEROWschen Erkenntnistheorie lautet: *gibt es wirklich synthetische Erkenntnisse a priori?*

Nun gehören zu den synthetisch-apodiktischen Urteilen nach dem Verfasser in erster Linie die mathematischen Urteile, und zwar speziell die *Axiome der euklidischen Geometrie*. Allerdings werden auch die Sätze der nichteuklidischen Geometrien als apodiktisch bezeichnet. Um das zu verstehen, muß man einen Unterschied kennen, den der Verfasser neu in die Klassifikation der Urteile einführt. Er unterscheidet nämlich zwischen „reellen" und „imaginären" apodiktischen Vernunfterkenntnissen. Genauer beziehen sich diese Beiworte auf die Gegenstände der betreffenden Erkenntnis. „Reell" sind die Gegenstände solcher Erkenntnisse, deren Rechtsgründe in der Vernunft mit *Evidenz* vorhanden sind. Solche Erkenntnisse werden auch als „eigentliche" apodiktische bezeichnet. Demgegenüber sind die imaginären Gegenstände bloß gedacht, den zugehörigen Erkenntnissen mangelt die Evidenz. Offenbar fällt diese Art von Erkenntnissen nicht unter die oben wiedergegebene Definition. Grundsätzlich unterscheidet sich also der Standpunkt des Verfassers nicht von dem Kants. Auch für ihn entspringt die euklidische Geometrie aus der reinen Anschauung und stellt eine eigentliche reelle apodiktische Erkenntnis dar. Im Gegensatz dazu kommt der nichteuklidischen nur die Bedeutung gedanklicher Konstruktionen zu. Als solche können sie zwar nützliche Dienste leisten bei der Beschreibung unmittelbar anschaulich nicht erfaßbarer Zusammenhänge (z. B. in der Relativitätstheorie), aber damit solche Beschreibungen empirische Bedeutung erlangen, müssen sie in die Sprache der euklidischen Geometrie zurückübersetzbar sein, und die Übersetzung muß an der Erfahrung verifiziert werden.

Wie steht es nun mit der angeblichen Apriorität der Geometrie? Der Verfasser wendet sich gegen die empiristische Ansicht, nach der die Axiome auf Erfahrung beruhen, und zwar bekämpft er sowohl die ältere Form des Empirismus, nach der die einzelnen Sätze direkt emprisch erkannt werden, als auch die neuere, nach der es sich um ein System von Hypothesen handelt, das als Ganzes verifiziert werden kann. Ebenso verwirft er die konventionalistische Ansicht, nach der die Sätze der Geometrie Festsetzungen sind. Seine eigene Ansicht formuliert er folgendermaßen: „Wir sind sicher, niemals einem realen Dreieck, sei es einem materiellen oder einem durch drei Raumpunkte (Fixsterne) gegebenen, zu begegnen, das dieser Gesetzmäßigkeit nicht genügte. Wir können a priori, d. h. ohne vorherige Untersuchung an Erfahrungsobjekten, von vornherein sagen, daß die Gesetze des Raumes in der Wirklichkeit gelten, daß wir, soweit wir auch in noch unbekannte Teile der Wirklichkeit gehen mögen, nur immer wieder die nur *einmal* erkannten Sätze der

Mathematik erfüllt finden müssen". (S. 79.) Dabei verzichtet er darauf, die Vieldeutigkeit der Wahrnehmung als Hintertür zu benützen; er sagt nicht: wenn wider Erwarten eines Tages doch ein nichteuklidisches Dreieck gemessen werden sollte, so schieben wir den Fehler auf die Physik. Mit dieser Ansicht setzt sich der Verfasser aber in scharfen Gegensatz zur relativistischen Physik. Denn die allgemeine Relativitätstheorie behauptet folgendes: *wenn man im Gravitationsfeld einer schweren Masse ein Dreieck oder sonst eine geometrische Figur in der gewöhnlichen Weise mittels starrer Maßstäbe oder auch mit Hilfe von Lichtsignalen und natürlichen Uhren ausmißt, so zeigt sich, daß die Figuren in einer durch das Gravitationsfeld genau bestimmten Weise von den Gesetzen der euklidischen Geometrie abweichen.* Daß unsere Messungen im Gravitationsfeld der Erde diese Abweichungen nicht zeigen, liegt daran, daß das Gravitationsfeld zu schwach, oder unsere Messungen zu grob sind. Mit der unterstrichenen Behauptung steht und fällt die allgemeine Relativitätstheorie. Wer die Behauptung bestreitet, muß auch den Mut der Konsequenz haben und die Relativitätstheorie für falsch erklären. Das tut Beggerow nicht. Er preist einerseits die allgemeine Relativitätstheorie als die Vollendung der physikalischen (von ihm „hylisch" genannten) Weltansicht und erklärt doch andererseits die „Deformationsstellen des Raumes", ebenso wie die Krümmung des Raumes im Ganzen für Fiktionen, die in keiner Wirklichkeit möglich seien (S. 422).

Mit dieser Feststellung ist allerdings zunächst nur eine Inkonsequenz in des Verfassers Erkenntnistheorie aufgezeigt, aber es ist damit noch nichts über die Richtigkeit oder Falschheit seiner aprioristischen Theorie der geometrischen Erkenntnis entschieden. Diese Theorie muß deshalb noch vom rein philosophischen Standpunkt untersucht werden. Nun beruft sich der Verfasser zur Begründung seiner Theorie ausschließlich auf die *Evidenz* der mathematischen Anschauung. Diese Evidenz erscheint ihm als das einzig sichere Fundament der Erkenntnis. Und *etwas* muß doch, so meint er, als sicher und allgemeinverbindlich vorausgesetzt werden (S. 87). Aber die Evidenz ist bestimmt kein brauchbares Wahrheitskriterium. Das ist so oft nachgewiesen worden, daß wir uns sparen können, hier darauf einzugehen. Steht es demnach mit der Begründung des Apriorismus bei Beggerow nicht besser als bei den übrigen Vertretern dieser Lehre, so macht er andererseits nicht mal den Versuch, das Hauptargument des Empirismus gegen diese Lehre zu widerlegen. Dieses besagt, daß man *den Inhalt einer Wahrnehmung niemals apodiktisch voraussagen kann.* Der Grund hierfür liegt in der auch vom Verfasser klar erkannten Tatsache, daß in der Wahrnehmung uns etwas „Fremdgegebenes" zum Bewußtsein kommt. Allerdings tragen unsere Wahrnehmungen notwendig die Formen des Raumes (und der Zeit); aber diese räumliche Form der einzelnen Wahrnehmung ist an sich, wie unter anderem Helmholtz gezeigt hat, mit den verschiedensten Geometrien verträglich. Erst die Verknüpfung vieler Wahrnehmungen erlaubt, Schlüsse auf die Struktur des physikalischen Raumes. Die oben zitierte Behauptung des Verfassers, es sei unmöglich, daß jemals ein Dreieck gemessen würde, das den Gesetzen der euklidischen Geometrie widerspräche, läuft also auf die Annahme einer *prästabilierten Harmonie* zwischen unseren Wahrnehmungen und der angeblichen reinen Anschauung hinaus.

Der hier aufgezeigte Fehler ist mit den Grundlagen des Systems so eng verknüpft, daß dieses zusammenstürzt, wenn man ihn beseitigt. Deshalb könnten wir auf eine Prüfung der übrigen Teile auch dann verzichten, wenn sie sich nicht aus Raumgründen von selbst verböte.

Kurt Grelling, Berlin.

BECKER, FRIEDRICH, **Aus den Tiefen des Raumes.** Berlin und Bonn: Ferd. Dümmler 1926. 120 S., 33 Abbildungen im Text und 1 Sternkarte. 13 × 20 cm. Preis geb. RM 3.50.

Der Verfasser macht in dem Büchlein den Versuch, den Leser mit den hauptsächlichsten Fragen über das Wesen der Sterne und den Aufbau des Universums bekannt zu machen. In 19 Abschnitten werden in leicht verständlicher, fesselnder Form die von der astronomischen Forschungsarbeit im Laufe der Jahrzehnte erzielten Tatsachen behandelt, wobei die Darstellung durch eine Reihe gut ausgewählter Abbildungen nachdrücklichst unterstützt wird. Bei besonders interessanten Fragen werden sogar die noch nicht ganz geklärten Ansichten der neuesten Zeit erwähnt, wodurch der Leser einen Einbick in die Arbeitsmethoden der modernsten Astronomie erhält. Ohne irgendwelche Vorkenntnisse zu besitzen wird ein jeder imstande sein, sich an Hand des Büchleins ein zutreffendes Urteil über den Stand der wichtigsten astronomischen Fragen zu bilden.

Auf einige kleine Versehen, die jedoch den Wert des Büchleins nicht im geringsten beeinträchtigen, sei noch kurz hingewiesen. Die Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni durch Bessel fiel in das Jahr 1838, nicht in das Jahr 1846 wie auf S. 30 gesagt wird. Kohlenstoff ist kein Gas, wie auf S. 39 behauptet wird. Das Helium wird auch in Amerika nicht zum Antrieb (S. 41), sondern nur zum Auftrieb der Luftschiffe benutzt. Der absolute Nullpunkt der Temperatur liegt nicht bei — 270° (S. 78), sondern bei — 273°.

Otto Kohl, Berlin-Dahlem.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 16. Mai 1927 hielt Dr. W. Panzer, Berlin, einen Vortrag mit Lichtbildern über die **Hebriden-Insel Lewis.**

Die 95 km lange, bis zu 47 km breite Insel Lewis ist in ihrem, von zahlreichen schmalen, tief eindringenden Meeresarmen stark gegliederten Südteil gebirgig und erreicht im Clisham 800 m Höhe. Der flachere nördliche Teil mit seinen öden Moor- und Seenflächen ist auch nicht viel wegsamer, und die 35 000 Inselbewohner sind daher hauptsächlich auf das Meer als Nahrungsquelle angewiesen. Die größte Siedelung ist Stornoway mit 4079 Einwohnern. Die Binnenlandschaft der Nordhälfte trägt keinen Baum und kein Gebüsch, sondern im wesentlichen Heidekraut. Nur da, wo der Creed-River bei Stornoway sich durch eine vor Westwinden geschützte Bucht ins Meer ergießt, hat sich ein Waldbestand erhalten. In diesem „Park" von Stornoway gedeiht infolge des milden Winterklimas eine förmlich subtropische Vegetation (Araukarien, Rhododendren, Fuchsien usw.) nördlich des 58. Breitengrades. Die Häuser sind vielfach armselige Steinhütten mit moosbewachsenem Strohdach. Die Brandung arbeitet gewaltig an den Küstenfelsen und schafft einen meist kiesigen Strand. Bei Barvas an der Westküste sind echte Sanddünen auf das Land geblasen worden. In starkem Gegensatz zur Binnen- und Küstenlandschaft steht das Bergland des Südens, das sich durch besondere Bewegtheit der Formen auszeichnet. Die Feldchen sind noch kleiner, die Hütten noch seltener als auf dem flachen Nordteil.

Die ganze Insel ist aus Gneisen von hohem Alter aufgebaut, denen Reste vorkambrischer Torridonsandsteine und -konglomerate aufliegen. Die vorwiegende Oberflächenform bildet die Rundhöckerlandschaft mit Spuren früherer Vergletscherung, doch beträgt die Mächtigkeit der Grundmoräne im Höchstfalle 2 m. Das Zentrum der Vereisung lag im Schottischen Hochland, von wo das Eis, aus südöstlicher Richtung kommend über Lewis hinwegging. Auffällig ist die Gradlinigkeit des Talnetzes und vieler Küstenstrecken, in welchen die N-S- und die W-O-Richtung bevorzugt ist. Von besonderem Interesse für die Entstehungsgeschichte des ganzen äußeren Hebriden-Archipels ist die aus jeder Karte deutlich erkennbare Tatsache, daß seine Ostküste mit fast geometrischer Genauigkeit das Teilstück eines Kreises mit 76 km Halbmesser bildet, dessen Mittelpunkt im Südostteil der Insel Skye liegt, einer riesigen Vulkanruine aus tertiärer Zeit. Es sind hier offenbar Tiefengesteinsmassen in schon vorhandene Lavatafelmassen eingedrungen und haben diese emporgewölbt, wodurch strahlenförmig angeordnete Spalten aufrissen und durch Faltung sich konzentrische Höhenzüge bildeten. Die bogenförmige Küstenlinie ergibt sich dann als Rand eines solchen Ringtales. Die strahlenförmigen Spalten entsprechen der Richtung der Fjorde, welche als Reste eines alten, durch die Spalten vorgezeichneten Talnetzes zu gelten hätten. Die bogenförmige Küstenlinie dürfte weniger auf einen Kesselbruch zurückzuführen sein, als vielmehr den vom Meere bespülten Abhang eines alten Landverbiegung darstellen.

Der Vortragende nimmt an, daß schon vor der Eiszeit eine Berglandschaft und eine Flachlandschaft auf der Insel Lewis vorhanden waren, von denen die erstere auch schon damals eine starke Gliederung aufwies, in welcher das Eis die Schwächelinien ausarbeiten und karähnliche Nischen schaffen konnte.

An den Küsten heben sich eisgeschliffene Strandterrassen deutlich ab, die also vor der letzten Eisbedeckung schon bestanden haben müssen, und von denen namentlich eine in etwa 60 m Höhe besonders ausgeprägt ist. Möglicherweise ist die ganze Rumpffläche der Insel als alte Brandungsplattform aufzufassen.

Das Klima ist, der ozeanischen Lage entsprechend, mild, feucht und windig. Der kälteste Monat ist der Februar mit 3,9°, der wärmste der Juli mit 12,5°. Die relative Luftfeuchtigkeit sinkt selten unter 85%. Die Jahressumme des Niederschlags beträgt in Stornoway 1266 mm, und kein Monat hat im Durchschnitt weniger als 17 Regentage. Diese Rauhheit des Klimas erklärt die karge Vegetation, das Fehlen von Baumwuchs und die Armut an Tieren.

Die Bevölkerung ist offenbar keltischen Ursprungs Die gaelische Sprache weicht nur langsam vor der britischen zurück. Nur 5% der Inselfläche ist gute Weide oder Ackerland, 27% ist Ödland und 68% Moor- und Heideland, nur für dünnbestockte Schafweide zu gebrauchen. Dagegen ist das Meer sehr fischreich und der Heringsfang bildet den Haupterwerbszweig der Einwohner.

Die Sitzung am 24. Juni gestaltete sich zu einer Feier, in welcher den Mitgliedern der **Meteor-Expedition** von der Gesellschaft für Erdkunde und der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ein festlicher Empfang bereitet wurde. Nach der Begrüßungsansprache durch den Vorsitzenden der Gesellschaft, Professor L. Diels, gab Kapitän zur See F. Spiess, einen ***Bericht über die Expedition.***

Am 2. Juni ist die Deutsch-Atlantische Expedition auf dem Vermessungsschiff der Reichsmarine „Meteor" nach $2^1/_4$jähriger Arbeit im Atlantischen Ozean glücklich in die Heimat zurückgekehrt. Nach dem beklagenswerten Tode von Professor Alfred Merz, dem geistigen Urheber der Expedition, der schon im Sommer 1925 ausgeschifft wurde und in Buenos Aires nach schwerem Leiden verstarb, ging auch die wissenschaftliche Leitung auf den Kommandanten des Schiffes, Kapitän Spiess, über. Als Problem hatte Merz der Expedition die räumliche Erfassung der Atlantischen Zirkulation gestellt, über deren Gesetze er durch die Verarbeitung des Materials älterer Expeditionen zu einer neuen Auffassung gekommen war. Es galt, durch ein engmaschiges Netz von Beobachtungsstationen die Bewegung der Wassermassen aus den chemisch-physikalischen Eigenschaften des Meerwassers zu berechnen, gleichzeitig mit akustischen Lotapparaten ein genaues Bild der Morphologie des Meeresbodens zu gewinnen, sowie einen Einblick in die Chemie, Biologie und Geologie des Atlantischen Ozeans zu erhalten. Mit diesen hydrographischen Aufgaben ließ sich eine eingehende Erforschung der meteorologischen Verhältnisse in den niederen und höheren Luftschichten verbinden. Die Marineleitung und die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft haben in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen wissenschaftlichen Instituten die Expedition vorbereitet, das Forschungsschiff und seine Besatzung, sowie einen Stab von 4 Ozeanographen, 2 Meteorologen, 1 Biologen, 1 Geologen und 1 Chemiker bereitgestellt. Die Ausrüstung des Schiffes entsprach den neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der Lotmaschinen, der Echolotapparate, sowie der ganzen instrumentellen Einrichtungen. Das nur 1200 Tonnen große Schiff zeigte sich der hohen Anforderung gewachsen, die in einer 14maligen Durchquerung des Atlantischen Ozeans von 20° Nordbreite bis zur südlichen Eisgrenze bestand, einer Strecke von 67500 Seemeilen, die der dreifachen Länge des Erdumfanges entspricht. Das Schiff hat mit einer neu konstruierten Ankereinrichtung auf Tiefen bis zu 6000 m ankern und dabei direkte Strommessungen zur Kontrolle der aus den chemisch-physikalischen Eigenschaften berechneten Wasserbewegung vornehmen können. In den stürmischen Breiten der braven Westwinde, in der Kälte des antarktischen Eismeeres, in der Hitze und Feuchtigkeit der tropischen Regenmonate wurden Tag und Nacht die Beobachtungen mit gleicher Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit auf 310 Stationen ausgeführt. Sie bestanden in Bestimmungen der Meerestiefe durch Echolot und Drahtlot, Untersuchung der, mit Stoßröhren gewonnenen Bodenproben, Messung von Temperatur und Salzgehalt in allen Tiefenschichten von der Oberfläche bis zum Meeresboden, Bestimmung der im Meerwasser gelösten Gase, Nährstoffe und Lebenselemente der Planktonorganismen. Durch messende Verfolgung der Wege von Pilotballonen wurden Windrichtung und -stärke bis zu 21000 m Höhe bestimmt. Ferner erfolgte eine Erforschung der Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse im unteren Teil der freien Atmosphären durch Drachenaufstiege mit Registrierinstrumenten.

Das überaus reiche Beobachtungsmaterial der Expedition umfaßt unter anderem 67000 Echolotungen, die im Vergleich zu den bisher im Südatlantischen Ozean vorliegenden etwa 3000 Drahtlotungen über 1000 m Tiefe naturgemäß ein wesentlich verändertes und verfeinertes Bild der Topographie ergeben. Als größte Tiefe entdeckte der „Meteor" die Süd-Sandwichtiefe mit 8060 m neu; sie stellt die tiefste, bisher bekannte Stelle im Südatlantischen Ozean dar. Die Fülle des ozeanographischen und chemischen Materials sei in folgenden runden Zahlen zur Anschauung gebracht: 10000 Messungen von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff und Wasserstoffionenkonzentration, sowie 4000Be-

stimmungen der Phosphorsäure, 4000 der Alkalität. Exakte Strommessungen auf 10 Ankerstationen und täglich beobachtete Stromversetzungen dienten der direkten Messung der Wasserbewegung.

Die ozeanographischen Befunde sind in überraschender Weise durch die chemischen bestätigt worden, die sogar noch bessere Aufschlüsse über die Struktur der Tiefenströme, sowie über Alter und Herkunft der Wassermassen ergeben. Interessante Beziehungen zwischen den chemischen Eigenschaften und dem Vorkommen, beziehungsweise der Vermehrung von Tieren und Pflanzen werden sich aus den gemeinsamen chemischen und biologischen Untersuchungen herausschälen lassen. Mehr als 2000 Zählungen des Zwergplanktons in zentrifugiertem Wasser aus verschiedenen Tiefenstufen und aus quantitativen Netzfängen werden es ermöglichen, biologische Karten für verschiedene Meerestiefen und Schnitte von der Oberfläche bis zum Grunde zu konstruieren, wobei die Linien gleicher Planktondichte schon jetzt gute Übereinstimmung mit der geographischen Verteilung physikalischer und chemischer Eigenschaften des Wassers zeigen. Die 400 gesammelten Proben des Meeresbodens, von denen die mit Stoßröhren gewonnenen bis zu 98 cm Länge aufweisen, lassen wichtige Feststellungen darüber zu, wie Kalkgehalt und Korngröße des Sediments von Meerestiefe und Strömungen abhängen. Die meteorologischen Untersuchungen gestatten aus über 800 Pilotballonaufstiegen und 220 Drachenregistrierungen einen Einblick in die Zirkulation der Atmosphäre.

Professor A. Defant, Berlin, gab einen vorläufigen *Überblick über die wissenschaftlichen Arbeiten und Ergebnisse der Expedition.* Keine frühere Tiefseeexpedition hat eine solche Fülle von Beobachtungsmaterial gesammelt wie diejenige des „Meteor". Sie wird zum erstenmal die systematische hydrographische Aufnahme eines großen Ozeanraums ermöglichen. Die große Zahl der Echolotungen soll für die Konstruktion einer Tiefenkarte des südatlantischen Ozeans Verwendung finden, doch wird der Entwurf der Isobathen außer durch die Ergebnisse der Tiefenmessung auch durch die Verteilung der Bodentemperaturen und der Strömungen in den untersten Wasserschichten, sowie durch die Art der Bodensedimente und ihrer wechselnden Zusammensetzung bestimmt werden. Aber schon jetzt lassen sich die großen Züge des Bodenreliefs deutlich erkennen. Insbesondere hat sich bestätigt, daß die Mittelatlantische Schwelle ohne Unterbrechung den ganzen Ozean durchzieht. Sie stellt sich als ein sehr kompliziertes, vielgestaltiges Massiv dar, das vom Tiefseeboden in etwa 5000 m allmählich bis zu Tiefen von rund 2500 m aufsteigt; oft zerfällt die Schwelle in drei Teilrücken, von denen der mittlere der höchste ist. Diese Atlantische Schwelle zerlegt den Ozean in zwei, parallel verlaufende Systeme von Tiefseebecken, ein westliches und ein östliches. In ihrer Gliederung sind diese Becken grundverschieden. Das westliche System hat mehr die Form einer Rinne; vorhandene Querriegel zwischen der Schwelle und dem Südamerikanischen Festland haben sehr tiefe Durchlässe, welche eine gute Verbindung der einzelnen Teilbecken bis in die größten Tiefen herstellen. Das Ostatlantische Becken hingegen spaltet sich in mehrere Mulden, welche durch Querriegel bedingt sind, deren Höhen über den Tiefseeböden so groß sind, daß unterhalb 3—4000 m die Mulden gegeneinander völlig abgeschlossen sind, und ein Austausch von Tiefenwasser zwischen ihnen außerordentlich erschwert ist. Dieser Querriegel gibt es drei: der Guinea-Rücken, der Walfisch-Rücken und der Atlantisch-Indische Querrücken. In seiner ozeanographischen Bedeutung war bisher nur der Walfisch-Rücken bekannt. Neben diesen drei Querschwellen sind im Ostatlantischen Becken noch andere Bodenstörungen vorhanden, die zwar nicht ganz von der Mittelatlantischen Schwelle bis Afrika reichen, aber doch einer Längszirkulation große Hindernisse entgegenstellen. In erster Linie kommen hier die Kapschwelle und der Sierra-Leone-Rücken in Betracht. Es ist zweifellos, daß die komplizierte Gestaltung des Atlantischen Bodens einen großen Einfluß auf die Ausbildung der Wasserbewegungen im ganzen Südatlantischen Ozean ausüben wird.

An den 310 ozeanographischen Stationen ist der physikalisch-chemische Zustand der Wassersäule bis zum Meeresboden, d. i. die Verteilung der Temperatur, des Salzgehaltes und des Gehaltes an Gasen, insbesondere des Sauerstoffes, der Phosphorsäure und der Wasserstoffionenkonzentration in sehr engen Intervallen ermittelt worden. Dieses enorme Beobachtungsmaterial wird den Aufbau des Südatlantischen Meeres in allen seinen Teilen festlegen. Weder die Temperatur noch der Salzgehalt nehmen in regelmäßiger Weise mit der Tiefe ab, wie man bisher zumeist geglaubt hatte, sondern es finden sich Zwischenschichten eingeschaltet, so daß man im großen und ganzen eine vierfache Schichtung erkennen kann: 1. Eine salzreiche und warme Deckschicht bis etwa 600 m; 2. Zwischen 600 und 1200 m eine Zwischenschicht mit geringem Salzgehalt und relativ niedriger Temperatur; sie gehört dem Antarktischen Zwischenstrome an. 3. Unterhalb der Zwischenschicht findet man wieder eine Zunahme des Salzgehaltes und der Temperatur, und es zeigt sich ein neues Maximum dieser Größen in etwa 2500 m. Die Schicht entspricht dem fast 2000 m mächtigen Nordatlantischen Tiefenstrom. 4. Unterhalb 4000 m bis zum Boden ist der Zustand des Meerwassers verschieden, je nachdem man sich im westlichen oder östlichen Längsbecken befindet. In dem Westbecken ist eine stetige Abnahme des Salzgehaltes und der Temperatur vorhanden, in den Ostmulden zumeist eine Konstanz des Salzgehaltes und eine geringe Temperaturzunahme. Dort die Möglichkeit einer Zufuhr stets neuer Wassermassen durch die westatlantische Rinne, hier mehr oder minder eine Stagnation des Wassers, erzwungen durch die früher erwähnten Querriegel.

Diese großen Züge in der Schichtung der Wassermassen sind wohl nur durch die ozeanische Zirkulation zu erklären, welche die Schichtung erzeugt und erhält. Für die meridionale Zirkulation hatte schon Merz einen Längsschnitt in 30° West konstruiert, dem die Beobachtungen früherer Expeditionen zugrunde lagen, und in dem er unterhalb einer kleinen, in sich geschlossenen Zirkulation in den tropischen und subtropischen Oberflächenschichten bis etwa 150 m Tiefe drei Strömungsetagen unterschied: den Antarktischen Zwischenstrom, den Nordatlantischen Tiefenstrom und den Antarktischen Bodenstrom. Die Beobachtungen der „Meteor"-Expedition bestätigen, wie zwei von G. Wüst bearbeitete Längsschnitte zeigen, im wesentlichen dieses Zirkulationsschema, sie zeigen aber auch dessen Modifikation, welche durch die Unterschiede der Stromglieder im Westen und Osten hervorgerufen werden.

Neben dem qualitativen Einblick in die Atlantische Zirkulation wird auch eine quantitative Erfassung derselben möglich werden. Die Berechnung der Strömungen aus dem physikalisch-chemischen Aufbau des Meeres wird nach der hydrodynamischen Methode von Bjerknes erfolgen. Die so theoretisch ermittelten Wasserbewegungen lassen sich dann mit den direkten Strömungsmessungen vergleichen, die auf den 10 Ankerstationen gewonnen wurden.

Die chemischen Untersuchungen liefern wichtige Grundlagen für biologische Arbeiten. Es hat sich aber auch gezeigt, daß mitunter der Gasgehalt des Meerwassers für die Feststellung der Stromgrenzen geeigneter erscheint als Temperatur und Salzgehalt. Die Ermittelung der Verteilung kleinster Lebewesen in allen Tiefen bis zum Meeresboden hinab ist wohl zum ersten Male erfolgt. Die genaue Analyse der Zählungen des Planktons wird zeigen, inwieweit dieses ein Indikator für die ozeanischen Wasserbewegungen ist.

Auf geologischem und mineralogischem Gebiet werden vor allem die gesammelten Bodenproben eine Orientierung über die Bodenbedeckung des Ozeans ermöglichen und reiches Material zum Studium der Morphologie und Geologie des Meeresbodens und der Umformung der Meeressedimente zu festem Gestein liefern.

Die meteorologischen Beobachtungen, vor allem auch die aerologischen Arbeiten, liefern neue Beiträge zur Lösung der Frage nach dem Luftaustausch zwischen den beiden Halbkugeln der Erde. Auch werden sie es gestatten, die räumliche Ausdehnung der Passatzirkulation und die Übergriffe der Luftströmungen aus gemäßigten Breiten in das tropische Windregime festzustellen.

Die Dauer der Bearbeitung aller Beobachtungsresultate wird auf 5 Jahre veranschlagt.

Den Schluß der Sitzung bildeten Dankesworte des Präsidenten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Staatsminister F. SCHMIDT-OTT an die Mitglieder der Expedition. O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft
(Berliner Zweigverein).

In der Sitzung am 26. April sprach Herr Prof. H. v. FICKER über **Sintfluthypothesen.** Der Vortragende griff aus der großen Zahl von Sintfluthypothesen nur 2 heraus und behandelte sie von meteorologisch-klimatologischem Standpunkte aus. Die Sintfluthypothese des berühmten Wiener Geologen SUESS, der eigentlich nur die babylonischen Flutüberlieferung, erhalten im Izdubar Epos, als authentischen Flutbericht anerkennt und demzufolge die Sintflut als eine teils seismisch, teils zyklonal angeregte Sturmflut über die Euphratniederung hinweg auffaßt, ist vom meteorologischen Standpunkte aus nicht annehmbar, da zyklonale Sturmfluten ähnlichen Ausmaßes gerade für das Gebiet der Euphratmündung als ausgeschlossen betrachtet werden dürfen. Aus mannigfachen Gründen ist auch die Sintfluttheorie des Astronomen SCHWARZ, der die Sintflut auf den gewaltsam durch Erdbeben herbeigeführten Ausfluß eines hypothetischen, das innerasiatische Becken erfüllenden, mongolischen Meeres zurückführt, abzulehnen. Immerhin ist diese phantastische Theorie von SCHWARZ dadurch von Wert geworden, daß SCHWARZ als erster die Völkerwanderung auf eine rapide Austrocknung Innerasiens in vorhistorischer Zeit zurückgeführt hat.

Am 24. Mai behandelte Herr Dr. W. KNOCHE das Thema: **Der Austrocknungswert in seiner Beziehung zum Menschen.**

Auf Reisen in Nordchile und Bolivien hat der Vortragende die starke Wirkung der Lufttrockenheit auf den menschlichen Körper kennen gelernt (Aufspringen der Haut). Die Häufigkeit von Leberabscessen in Nordchile, die Blutungen aus Nase und Mund in der bolivianischen Puna und Kordillere sind wahrscheinlich auch damit in Verbindung zu bringen.

Dem Bestreben, für die Größe dieser Austrocknung einen besonderen Wert zu finden, setzen sich gewisse Schwierigkeiten entgegen, da der Mensch im allgemeinen kein Gefühl für die Luftfeuchtigkeit besitzt, sondern nur bei ihren extremen Werten (Trockenheit und Schwüle) eine Einwirkung verspürt. Die relative Feuchtigkeit ist als Maß für die Verdunstungsgröße abzulehnen. Die Evaporationskraft oder der Austrocknungswert eines Klimas ist vielmehr nur durch einen Ausdruck darzustellen, in dem Feuchtigkeit und Temperatur neben Luftdruck und Luftbewegung vereint sind. In der früher von BIGELOW (Oficina Met. Argentina. Boletin Nr. 2, 1912) angegebenen Formel zur Bestimmung der Verdunstung, wenn Oberflächentemperatur, Dampfdruck und Windgeschwindigkeit bekannt sind, wird eine brauchbare Größe für den Austrocknungswert gesehen. Dabei sind zwei Arten des Austrocknungswertes zu unterscheiden: ein geoklimatischer (unter Einschluß der Pflanzenwelt) und ein anthropoklimatischer, der für den Menschen gilt. Die Oberflächentemperatur beim anthropoklimatischen Wert wird gleich der Hauttemperatur zu setzen sein, während beim geoklimatischen Wert die Oberflächentemperatur entsprechend der verschiedenartigen Zusammensetzung der Erdoberfläche sehr variieren wird.

Um den Veränderungen der Hauttemperatur gerecht zu werden, genügt es vorerst, sich der von VINCENT (Hann, Handbuch der Klimatologie I, S. 38 u. 39) für verschiedene Klimate angegebenen Formel zu bedienen, zumal es sich nur um einen allerersten Versuch zur Bestimmung des Austrocknungswertes handeln kann. Da diese Formeln besonders bezüglich des Windeinflusses zur Kritik herausfordern, ist der Austrocknungswert nur für Windstille und für den nackten Körper im Schatten berechnet worden. Auch die geoklimatische Oberflächentemperatur konnte nur als Schattentemperatur in Rechnung gestellt werden.

Zwischen anthropoklimatischem und geoklimatischem Austrocknungswert müssen an einem und demselben Orte starke Unterschiede je nach der Außentemperatur bestehen, da die Hauttemperatur höchstens zwischen 20 und 38° (Schatten und Windstille) schwanken wird. Bei einer Verminderung der Dampfspannung steigt der Austrocknungswert anfangs langsam, dann aber sehr schnell an, besonders gilt dies für den anthropoklimatischen Wert. Austrocknungswert und Sättigungsdefizit sind nur bei mittleren Werten der Temperatur und des Dampfdruckes zu vertauschen, bei extremen Werten können starke Abweichungen auftreten. Je größer der Austrocknungswert schon bei Windstille ist, um so größer ist auch der Einfluß der Windbewegung. Höhenunterschiede bis zu 500 m spielen keine sehr beträchtliche Rolle. Erst bei größeren Erhebungen wird er merkbar beeinflußt. Bei 4500 m ist er doppelt so hoch als bei gleichen Bedingungen im Meeresniveau.

Den Schluß des Vortrages bildeten Angaben über extreme Werte der Austrocknung auf der Erdoberfläche. (Bezüglich der eingehenden Tabellen sei verwiesen auf W. KNOCHE, El valor de desecación como factor climatologico. Revista Chilena de Historia y Geografia. Nr. 34 u. 35. Santiago 1919.) KN.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.